

Studio Geotecnico Chili Giuliano
Via Bruno Bottau n° 4 – 40055 Castenaso (BO)
p.i. 01625471204 - c.f. CHL GLN 59R28 A944U

Provincia di Bologna

Comune di Calderara di Reno

RELAZIONE GEOLOGICA



Progetto: di un Piano Urbanistico Attuativo inerente la realizzazione di un nuovo comparto a destinazione produttiva sito in Via Caduti di Ustica – Località Bargellino - Comune di Calderara di Reno

Proprietà: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl

Data: 09/10/2013



Relazione n. 057/13

1.0 Premessa

1.1 Premessa

Nell'ambito della progettazione di un Piano Urbanistico Attuativo inerente la realizzazione di un nuovo comparto a destinazione produttiva sito in Via Caduti di Ustica – Località Bargellino - Comune di Calderara di Reno, i Committenti Compagnia Finanziaria Investimenti srl e Roda Metalli srl mi hanno affidato la redazione della presente Relazione Geologica nella quale verranno definiti:

- l'inquadramento geologico generale dell'area;
- i livelli litologici presenti nel sito e la loro variazione spaziale;
- le caratteristiche geomorfologiche dell'area evidenziando eventuali vincoli presenti nell'area in esame;
- le caratteristiche idrogeologiche dell'area;
- la microzonazione sismica, la valutazione del rischio sismico, la risposta dei terreni della successione al sisma atteso per l'area in esame ed il comportamento dei terreni nei riguardi del fenomeno della liquefazione.
- La valutazione sulla fattibilità dell'intervento.

Gli scopi precedentemente elencati sono stati perseguiti mediante la realizzazione di n°7 prove penetrometriche statiche, spinte fino a rifiuto all'avanzamento; la esecuzione di uno stendimento geofisico tipo ReMI per la valutazione della velocità media delle onde sismiche di taglio (onde S) nei primi 30 m di spessore e l'esecuzione di n°3 tomografie per la determinazione della frequenza tipica del terreno nell'area in esame-

Il presente elaborato verrà redatto secondo quanto prescritto dalla normativa vigente, di cui si riportano gli estremi:

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni.**
- **Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. n°30 del 14/01/ 2008.**
- **Circolare applicativa NTC08 n. 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009.**
- **Decreto Giunta Regionale Emilia Romagna n. 567 del 7/04/2003.**
- **Atto d'Indirizzo Tecnico dell'Assemblea Legislativa RER, Progr. N. 112, oggetto n. 2131 del 2/05/2007.**
- **L.R. n. 19 del 30/10/2008.**
- **PTCP Provincia di Bologna adottato con delibera c.d. n. 3 del 11/02/2003.**
- **PSC Associazione Terre d'acqua – Provincia di Bologna D.C.C. n°47 del 07/04/2011**
- **Norme AGI 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.**
- **Norme AGI 2005 – Aspetti Geotecnici della progettazione in zona sismica.**

Il lavoro è stato completato dall'esame di dati pubblicati (sia su supporto cartaceo che informatico) quali:

Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio 221 Bologna Est

Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Boccaletti, Martelli e alii 2004

Carta Strutturale dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Feroni et. alii 2002

Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Preti et. alii 1999

Carta del Territorio di Pianura del Comune di Bologna scala 1:25.000 Bergonzoni e Elmi 2003
Risorse Idriche sotterranee della RER – Di Dio 1998
Carta Geomorfologica della Pianura Padana scala 1:250.000 – Castiglioni et. alii 1997

Prove e rilievi effettuati dallo Scrivente in zone limitrofe a quella oggetto di studio hanno completato lo studio del sito.

2.0 Modalità di prova

2.1. Prova penetrometrica statica (CPT) Norma ATSM (D..3441 – 79) aggiornata (D3441 – 86)

La prova Penetrometrica Statica (CPT) è conosciuta e usata in tutto il mondo essendo da tempo codificata in maniera univoca.

Essa consiste nell'infingere una punta conica di dimensioni standard (area del cono 10 cm² ed angolo al vertice di 60°) nel terreno per mezzo di un martinetto idraulico misurando lo sforzo necessario; di seguito si infinge un manicotto avente dimensioni pure standardizzate (area laterale 150 cm²), anche in questo caso si misura lo sforzo necessario all'avanzamento.

I valori ottenuti opportunamente elaborati tramite programmi automatici di calcolo vengono poi diagrammati fornendo il grafico della resistenza alla punta (Rp) e il grafico del rapporto tra la resistenza alla punta (Rp) e la resistenza laterale (Rl); tale rapporto conosciuto in letteratura come rapporto di Begemann dà indicazioni sulla natura dei terreni offrendo la possibilità di riconoscere i coesivi dagli incoerenti e, tra i primi quelli a maggiore o minore contenuto in argilla.

Per l'acquisizione dei dati è stata utilizzata una macchina di marca Deep Drill tipo SP 200 da 200 kN con cella tipo Gouda a lettura analogica e costante di cella K = 20.

Di seguito si riporta la legenda relativa all'elaborazione di Rp ed Rl partendo dai dati di campagna

PENETROMETRO STATICO tipo:	
Caratteristiche:	
- punta conica meccanica Ø 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)	
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm ²)	
- velocità di avanzamento costante	V = 2 cm / sec (± 0,5 cm / sec)
- spinta max nominale dello strumento	Smax variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.⇒spinta)	Ct = spinta (Kg) / LETTURA al manometro
fase 1 - resistenza alla punta	qc (Kg / cm ²) = L1 x Ct / 10
fase 2 - resistenza laterale locale	fs (Kg / cm ²) = (L2 - L1) x Ct / 150
fase 3 - resistenza totale	Rt (Kg) = (Lt) x Ct
	qc / fs = rapporto Begemann
- L1. punta	= lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L2. totale	= lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Lt. aste	= lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)
N.B. :	la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione Ct .
N.B. :	causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale fs viene computata 20 cm sopra la punta .

Tabella 2.1 caratteristiche dell'attrezzatura di prova e modalità di elaborazione per ricavare Rp ed Rl

2.2 Indagine geofisica: Sismica – Re.MI

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, in ottemperanza al D.M. 14.01.2008 è stata eseguita una prospezione geofisica con onde superficiali nota in letteratura come Re.Mi. (Refraction Microtremor, Louie, 2001). La caratterizzazione sismica del sottosuolo in termini di velocità delle onde di taglio “S” è stata effettuata fino alla profondità di 35 m dal piano campagna (p.c.), e ne ha determinato la categoria di sottosuolo corrispondente ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) mediante il calcolo del parametro VS30.

La tecnica geofisica adottata per questa indagine prevede acquisizioni passive del rumore sismico ambientale (microtremore). Attraverso l’analisi del contenuto di onde superficiali (in questo caso Onde di Rayleigh dette Onde R), che costituiscono un particolare tipo di onde dal comportamento dispersivo in un mezzo stratificato come il sottosuolo, è possibile ricavare indirettamente la velocità delle onde di taglio (VS) secondo l’equazione:

$$V_R = \left(\frac{0.862 + 1.14\nu}{1 + \nu} \right) \times V_S \quad \nu: \text{rapporto di Poisson}$$

Ovvero semplificando:

$$V_R \cong 0.92 V_S$$

La fase di elaborazione analizza il contenuto in frequenza delle onde registrate per la discriminazione dei diversi modi di vibrazione delle onde di Rayleigh (onde R) nella banda d’interesse, tipicamente compresa fra 4 e 40 Hz. Il riconoscimento del modo fondamentale delle onde R permette di definire la curva di dispersione (Velocità di fase-Frequenza) caratteristica del sottosuolo investigato.

Per l’indagine Re.Mi. sono state acquisite ripetute registrazioni del microtremore sismico come sorgente di onde superficiali. I dati sono stati campionati per mezzo di un sismografo a 24 canali “Seistronix Abem Ras-24” (con convertitore A/D a 24 bit), attraverso l’impiego di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati in linea mediante cavi sismici, ad interdistanza (Δx) pari a 3,0 metri.

2.3 Prove geofisiche: Sismica – Tomografo digitale

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) rappresenta uno dei metodi utilizzati per estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10-15 [m/s²]² in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

La tecnica prevede il rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ed è ormai consolidata come strumento di stima affidabile delle principali frequenze di risonanza del sottosuolo, informazione di notevole importanza per l'ingegneria sismica. Riconosciuta questa capacità, ove sia nota una stima della stratigrafia locale, dalle frequenze di risonanza è possibile ricavare un modello di sottosuolo monodimensionale discreto caratterizzato da strati a diversa impedenza sismica (V_s , ρ), mediante un approccio numerico di modellazione della curva HVSR (fitting della curva H/V sintetica).

Se consideriamo un sistema stratificato semplice a due strati 1D in cui gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche, si ha condizione di risonanza quando la lunghezza dell'onda incidente che viaggia nel mezzo con V_{s1} e ρ_1 , è pari a 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h dello strato (o insieme di strati omogenei).

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) relativa alle onde "S" è descritta dall'equazione:

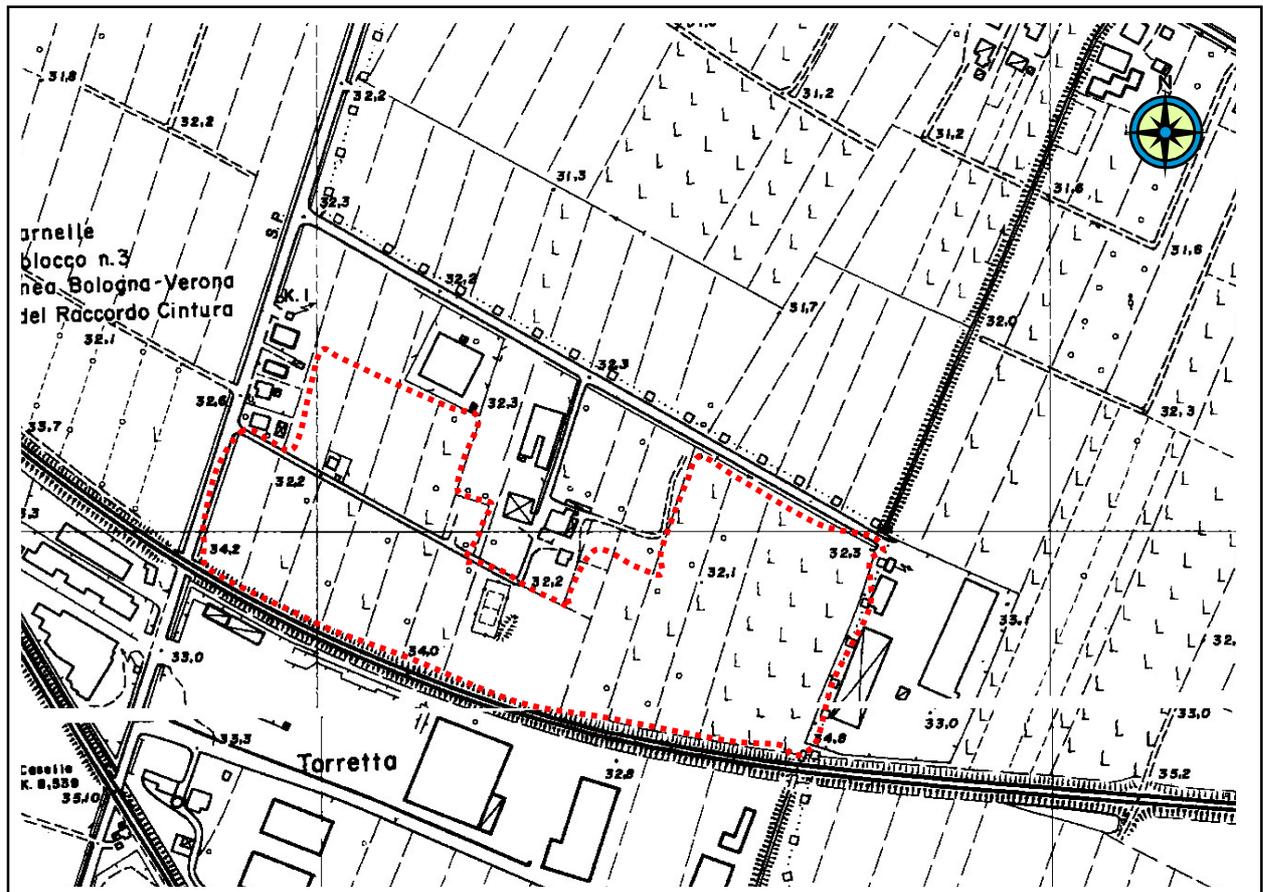
$$f_r = V_s / (4 h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Nonostante il microtremore sia costituito in gran parte da onde superficiali (in particolare da onde di Rayleigh), ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime.

3.0 Ubicazione

3.1 Corografia

Gli elaborati tecnici in cui è riportata l'area oggetto dell'intervento sono:
Foglio CTR scala 1:50.000: 220 Bologna Ovest
Tavoletta CTR scala 1:25.000: 220NE Bologna Nord Ovest
Sezione CTR scala 1:10.000: 220040 Calderara di Reno
Elemento CTR scala 1:5.000 220043 Caldera di Reno – 220084 il Bargellino
In fig. 3.1 si riporta la corografia dell'area in scala 1:5.000.
In fig. 3.2 si riporta l'ubicazione delle prove su planimetria di progetto scala 1.2000.



Sito in esame.

latitudine: 44,551385 [°]

longitudine: 11,267454 [°]

Fig. 3.1 - Ubicazione dell'area: estratto dall'Elemento C.T.R. 220043 Calderara di Reno – 220084 Il Bargellino in scala 1 : 5.000

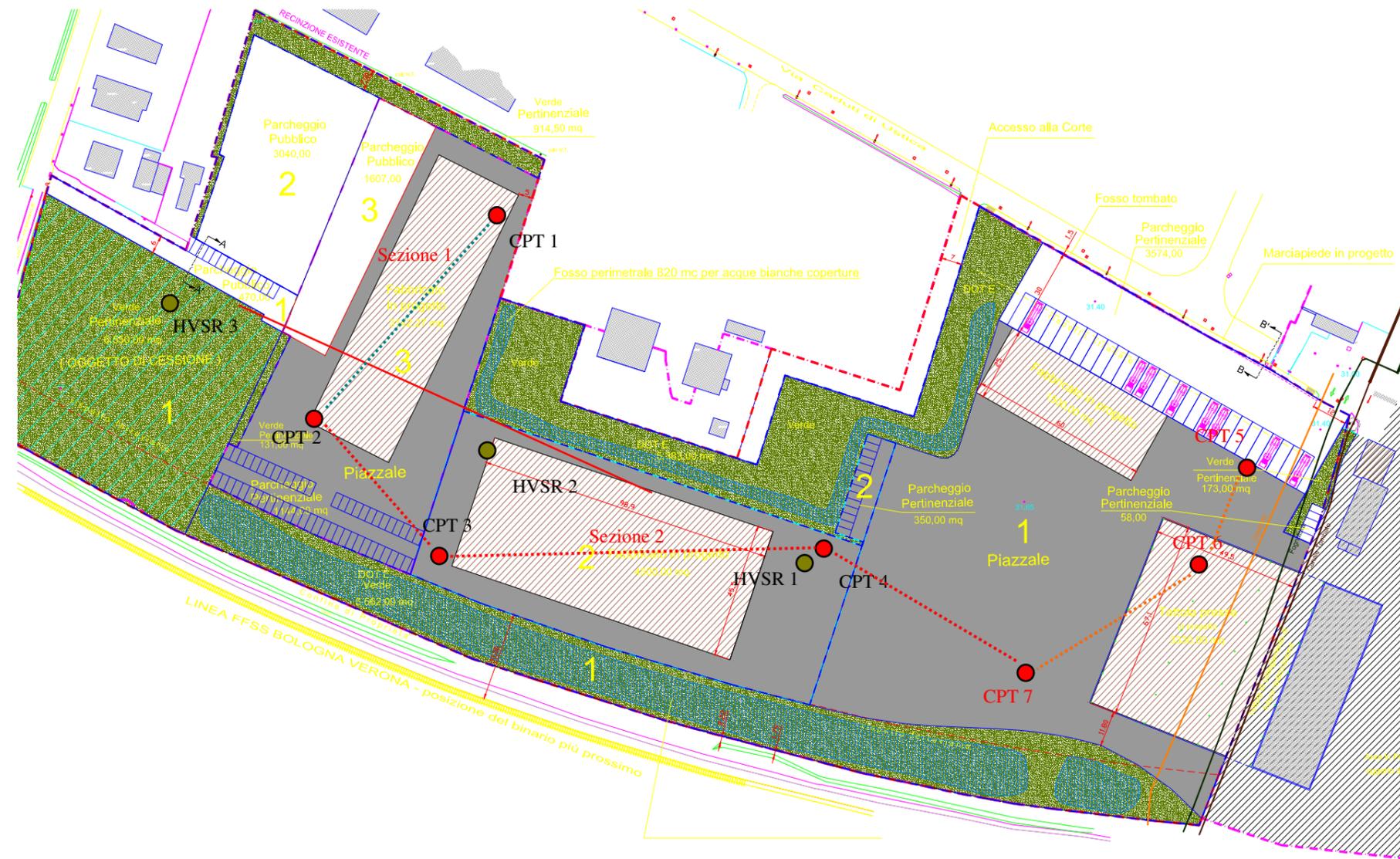
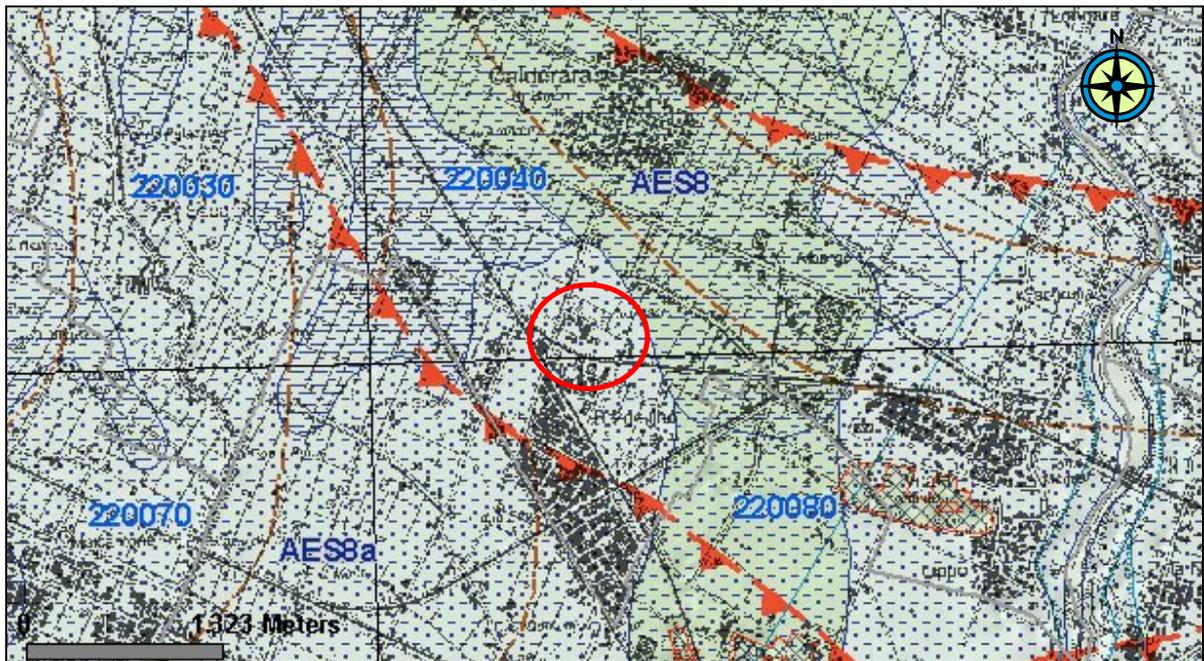


Fig. 3.2 – Ubicazione delle Prove statiche e delle Indagini geofisiche
Estratto della planimetria catastale scala 1:1.000 rimpicciolito alla scala 1:2.000

4.0 Inquadramento stratigrafico e litologico

I terreni presenti nell'area oggetto di studio sono di origine sedimentaria "recente" di genesi legata con ogni probabilità alla dinamica deposizionale del fiume Reno.

Analizzando la Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 (di cui un estratto ingrandito alla scala 1:10.000 si riporta in Fig. 4.1) si deduce che i terreni più superficiali appartengono al Supersistema Emiliano Romagnolo Superiore (AES 0,45 Ma – attuale); esso comprende tutti i sedimenti Quaternari (Olocenici) depositatisi in ambiente continentale; questi terreni rappresentano il termine finale della successione che costituisce il riempimento dell'avanfossa formata in seguito all'ultima fase parossistica (Pliocene Superiore) nell'orogenesi della Catena Appenninica.



Legenda

AES8 *Subsistema di Ravenna*

Elemento sommatiale di AES. Ghiaie, sabbie limi ed argille di terrazzo alluvionale, conoide alluvionale e piana alluvionale. Limite superiore coincidente con il piano topografico.
PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE

AES8a *Unità di Modena*

Porzione sommitale di AES8 è costituita da una unità a limiti non conformi di rango gerarchico inferiore: Essa affiora con continuità dalla piana intravalliva fino alla pianura alluvionale
ATTUALE

Figura 4.1 – Estratto dalla “Carta Geologica d’Italia” – Foglio 221 Bologna a cura della Regione Emilia Romagna- in scala 1:50.000 ingrandita alla scala 1:2000 (Fonte sito RER)

In particolare i terreni affioranti nell'area oggetto d'intervento, appartengono al Subsistema di Ravenna che è sviluppato dall'ambito intramontano fino ad alcune porzioni della bassa Pianura. Tale sub sistema si sviluppa a partire da circa 16.000 anni fa in corrispondenza con la fase di alluvionamento seguente un periodo glaciale (nel nostro caso la glaciazione Wurmiana). Le litologie che formano AES 8 sono costituite, nella parte di Pianura in cui ci troviamo, essenzialmente da

argilla di intercanale fino a sabbia da media a grossolana tipica di quelle porzioni interessate da corrente trattiva ed energia significativa; tra gli elementi granulometrici estremi si trova tutta la serie di terreni misti a partire da argille limose fino a limi sabbiosi. In alcuni tratti si possono sviluppare anche terreni in cui prevale la componente organica sono questi paleo suoli oppure zone in ambiente fluviale s.s in cui si aveva no difficoltà nel fluire delle acque (morte).

I sedimenti si AES 8 nel nostro caso appartengono ad un antico alveo del fiume Reno (Reno 2) e sono giustapposti ed eteropici con quelli dell'Unità di Modena (AES8a) che è il termine più recente, sviluppatosi tra il IV[^] ed il VI[^] sec d.C, del Subsistema di Ravenna e che trae origine dal corso di Reno 3 (quello attuale). La migrazione di Reno verso occidente è stato dimostrato che segue quella di Panaro (del quale Reno occupa un tratto dell'alveo 1) e quella di Secchia verso occidente in seguito ad un'area interessata da subsidenza molto più elevata situata subito a Nord dell'attuale abitato di Modena.

Nel sottosuolo della pianura AES8 uno spessore massimo di 28,00 m, del settore bolognese; la base di questo Membro del AES è localizzata all'interno di depositi alluvionali per questo si ritiene convenzionalmente che il letto del Subsistema sia posto subito al di sopra del primo strato ghiaioso profondo; di più facile riconoscimento è il passaggio da AES8 ad AES7 (Unità di Vignola) nelle zone costiere.

Per quanto riguarda la situazione litologica locale, i dati bibliografici evidenziano (Figura 4.2) come l'area di studio, in prossimità della Località conosciuta come Il Bargellino sia caratterizzata da depositi derivati da deposizione fluviale in ambito di conoide distale in cui si possono rinvenire depositi a granulometria eterogenea dati da argille, limi, sabbie e ghiaie disposti secondo le antiche traiettorie dei corsi d'acqua principali che in quest'area possono variare la loro direzione repentinamente a causa delle improvvise variazioni della pendenza morfologica derivate da alti tassi di sedimentazione. I depositi delle unità pedostratigrafiche si trovano ai primi stadi di alterazione con un fronte di alterazione < 1 mt (50-100 cm).

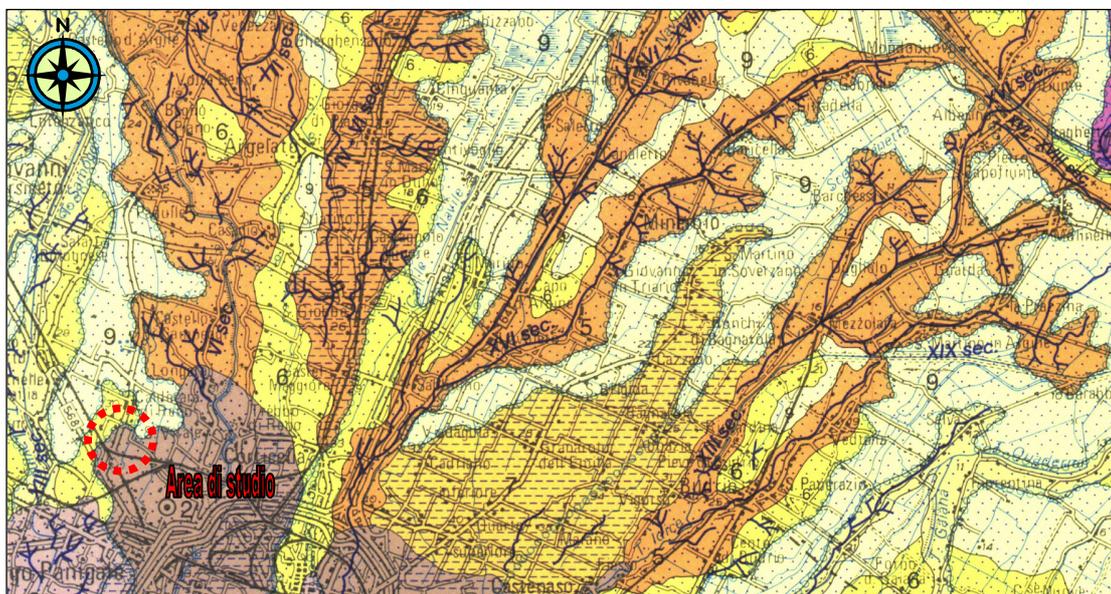


Figura 4.2. Stralcio carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna - scala 1:250.000 (Preti et alii 1999)

I dati relativi alla successione indagata sono stati restituiti ed elaborati mediante un programma di elaborazione elettronica (Win – CPT) che, utilizzando il rapporto di Begemann, ha consentito di interpretare le litologie incontrate lungo la verticale della prova CPT.

Le verticali di indagine sono state così suddivise secondo un criterio litologico; all'interno della stessa litologia, mediante il confronto dei parametri meccanici più significativi, sono poi stati suddivisi altri livelli (vedi tabelle 4.1 – 4.7). Al termine del lavoro di elaborazione si è tentata la correlazione tra le verticali di indagine al fine di verificare la continuità o meno dei livelli individuati in ogni prova; i risultati, costituiti da 3 sezioni stratigrafiche con interpretazione della distribuzione dei livelli nel sottosuolo che sono l'oggetto dell'Allegato 2.

Dall'esame di questi elaborati si possono formulare le seguenti osservazioni:

- Le sezioni esaminate si presentano assai differenti le une dalle altre, così mentre nella sezione 1 al di sotto di un primo strato granulare (sabbia e limo sabbioso) si rinviene una successione monotona di argille e limi argillosi di diversa consistenza, nelle altre due è elevata al percentuale di terreni granulari in profondità in esse si possono individuare da 2 a 3 episodi in cui è avvenuta la deposizione di tale tipo di sedimenti.
- In tutte le prove si è arrivati al rifiuto all'avanzamento dell'attrezzatura di perforazione in virtù del fatto che tra le profondità di 6,40 m e 7,80 m si sono rinvenute litologie a tessitura molto grossolana (ghiaia sabbiosa). Considerando le prove nel loro insieme si può verificare che il tetto delle ghiaie si presenta a quote più prossime al piano di campagna nelle prove più settentrionali ed in quelle più orientali individuando un "alto" sviluppato in direzione circa ESE – ONO.
- Nello spessore compreso tra il p.c. ed il tetto delle ghiaie si sviluppano dei corpi sabbiosi che all'analisi della loro distribuzione indicano una direzione circa SO – NE con sviluppo soprattutto in CPT 3, CPT 4 e CPT 5. Questi corpi sedimentari sono stati interpretati dallo scrivente come successivi alvei del torrente Lavino subentrato nell'area al fiume Reno che si era spostato in altra zona. È soprattutto nella Sezione 2 ed in parte della Sezione 3 che si può apprezzare sia i depositi di alveo in s.s. che quelli di argine (limi sabbiosi e limi argillosi).
- Nella zona si possono rinvenire anche sottili strati di argille organiche; essi si presentano discontinui e di limitata estensione areale; quello maggiormente continuo si rinviene nella Sezione 1 immediatamente al di sopra del tetto delle ghiaie.

Nelle tabelle 4.1 – 4.7 si fornisce la stratigrafia di dettaglio delle prove eseguite; le letture di campagna, il grafico della prova e valutazioni litologiche sono oggetto dell'allegato 1.

Prova CPT 1		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl				
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,40	Limo sabbioso molto denso	43,5	33,5	100	
0,40	1,20	Argilla molto consistente	26,3	13,5		
1,20	5,20	Argilla dura	39,7	18,0		
5,20	5,60	Argilla organica tenera	10,5	10,0		
5,60	6,20	Argilla deb. limosa consistente	24,3	22,7		
6,20	6,80	Limo sabbioso mediamente denso	28,7	33,0	40,7	
6,80	7,20	Argilla organica consistente	24,0	10,0		
7,20	7,40	Ghiaia e sabbia molto densa	400,0	350,0	100	
Falda	6,70	metri				

Tabella 4.1 – Stratigrafia di dettaglio prova n°1.

Prova CPT 2		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl				
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,40	Sabbia media e fine molto densa	34,0	73,0	100	
0,40	0,80	Argilla dura	37,0	18,5		
0,80	2,00	Argilla consistente	23,0	13,5		
2,00	2,60	Argilla dura	32,0	14,7		
2,60	3,40	Argilla consistente	22,3	19,8		
3,40	3,80	Argilla limosa consistente	18,5	23,5		
3,80	4,80	Limo argilloso mediamente consistente	14,2	25,0		
4,80	5,40	Argilla deb.limosa tenera	8,4	21,7		
5,40	6,20	Limo sabbioso sciolto	8,5	31,3	3	
6,20	7,40	Argilla deb.limosa tenera	8,0	22,5		
7,40	7,80	Argilla organica mediamente consistente	14,0	7,5		
7,80	8,20	Ghiaia e sabbia molto densa	362,0	99,0	100	
Falda	6,70	metri				

Tabella 4.2 – Stratigrafia di dettaglio prova n°2.

Prova CPT 3		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl			
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.			
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,00	0,60	Argilla dura	35,0	15,5	
0,60	1,00	Argilla molto consistente	28,5	11,5	
1,00	2,20	Argilla dura	37,3	14,2	
2,20	3,40	Sabbia limosa mediamente densa	31,8	39,2	63,2
3,40	3,80	Limo argilloso consistente	19,0	25,0	
3,80	4,20	Sabbia fine mediamente densa	22,5	53,0	41,5
4,20	5,20	Limo argilloso consistente	14,4	24,0	
5,20	6,00	Sabbia limosa mediamente densa	33,0	36,8	48,8
6,00	6,40	Limo argilloso consistente	25,0	24,0	
6,40	6,80	Limo sabbioso mediamente denso	28,5	34,0	40
6,80	7,40	Argilla mediamente consistente	12,0	18,3	
7,40	8,00	Limo argilloso mediamente consistente	12,0	25,3	
8,00	8,80	Argilla mediamente consistente	14,4	17,0	
8,80	9,60	Ghiaia e sabbia molto densa	215,0	91,0	92,8
Falda	6,80	metri			

Tabella 4.3 – Stratigrafia di dettaglio prova n°3

Prova CPT 4		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl			
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.			
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,00	0,40	Argilla molto consistente	26,0	14,0	
0,40	1,20	Argilla consistente	14,0	12,5	
1,20	2,60	Argilla molto consistente	25,6	15,4	
2,60	3,00	Limo sabbioso mediamente denso	27,0	32,5	58,5
3,00	4,00	Sabbia fine mediamente densa	16,6	53,8	37
4,00	5,00	Argilla tenera	7,8	17,0	
5,00	5,40	Sabbia fine poco densa	17,5	52,5	24,5
5,40	6,40	Argilla mediamente consistente	15,2	19,4	
6,40	6,80	Ghiaia e sabbia molto densa	303,0	52,0	100
Falda	6,40	metri			

Tabella 4.4 – Stratigrafia di dettaglio prova n°4.

Prova CPT 5		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl				
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	1,00	Riporto antropico				
1,00	1,60	Argilla organica mediamente consistente	14,7	9,7		
1,60	3,00	Argilla consistente	23,7	16,7		
3,00	4,40	Argilla deb.limosa mediamente consistente	13,1	23,7		
4,40	4,80	Argilla tenera	9,0	16,0		
4,80	5,60	Sabbia media poco densa	11,5	60,0	14	
5,60	6,20	Limo argilloso tenero	8,7	28,0		
6,20	7,00	Sabbia media poco densa	12,8	88,5	12,4	
7,00	7,40	Argilla organica tenera	9,5	5,5		
7,40	7,80	Ghiaia e sabbia molto densa	320,0	90,0	100	
Falda	7,40	metri				

Tabella 4.5 – Stratigrafia di dettaglio prova n°5.

Prova CPT 6		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl				
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	1,00					
1,00	1,40	Argilla organica mediamente consistente	18,0	17,0		
1,40	3,20	Argilla consistente	19,9	15,6		
3,20	3,60	Argilla mediamente consistente	15,5	16,0		
3,60	4,00	Limo argilloso mediamente consistente	14,0	26,5		
4,00	4,60	Argilla deb. limosa tenera	9,7	22,7		
4,60	5,00	Limo sabbioso poco denso	11,0	30,0	15,5	
5,00	5,80	Limo argilloso tenero	9,5	25,0		
5,80	6,80	Sabbia fine mediamente densa	27,2	44,2	37,6	
6,80	7,20	Ghiaia e sabbia molto densa	404,0	92,0	100	
Falda	7,00	metri				

Tabella 4.6 – Stratigrafia di dettaglio prova n°6.

Prova CPT 7		Committente: Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli srl			
data 25/09/2013		Località: PUA Bargellino 1 - Via Caduti di Ustica - Calderara di R.			
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/RI	Dr
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%
0,00	0,60	Riporto antropico			
0,60	2,40	Argilla deb. limosa dura	40,1	21,0	
2,40	3,00	Argilla deb.limosa molto consistente	24,7	21,3	
3,00	3,80	Limo argilloso consistnete	19,8	26,0	
3,80	5,00	Argilla mediamente consistente	12,5	19,3	
5,00	5,80	Limo sabbioso poco denso	16,0	32,0	25
5,80	6,20	Argilla mediamente consistente	11,5	14,5	
6,20	7,20	Sabbia media mediamente densa	30,4	62,6	40,8
7,20	7,60	Ghiaia e sabbia molto densa	350,0	112,0	100
Falda	6,80	metri			

Tabella 4.7 – Stratigrafia di dettaglio prova n°7.

5.0 Inquadramento Geomorfológico ed Idrogeológico

L'area oggetto di indagine è posta ad una quota media di 32,2 m slm; in base alla sua posizione rispetto al margine sollevato della Catena appenninica, al tipo di tracciato dei corsi d'acqua principali, al rapporto del loro letto con il livello della pianura ed alla presenza o meno di arginature si può inserire l'area in un paesaggio di alta pianura al passaggio con la media..

Prendendo in considerazione le quote inserite entro la CTR ricordata in fig 3.1 si è tentato di ricostruire il microrilievo in un intorno significativo dell'area oggetto di studio; il risultato è di scarso interesse in quanto l'area presenta forti alterazioni del suo piano naturale in considerazione sia delle pratiche agrarie che della forte antropizzazione; in conclusione si possono trarre le seguenti osservazioni:

- La superficie morfologica, digrada verso NO con un gradiente di circa il 2%.
- L'andamento della quota 32 mostra un andamento blandamente ondulato indicante una convessità della superficie morfologica che si allunga verso NO. Come mostrato anche nell'estratto della Carta morfologica allegata la Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata Terre D'Acqua alla scala 1:25.000 ingrandita alla scala 1:10.000 riportata in fig. 5.1

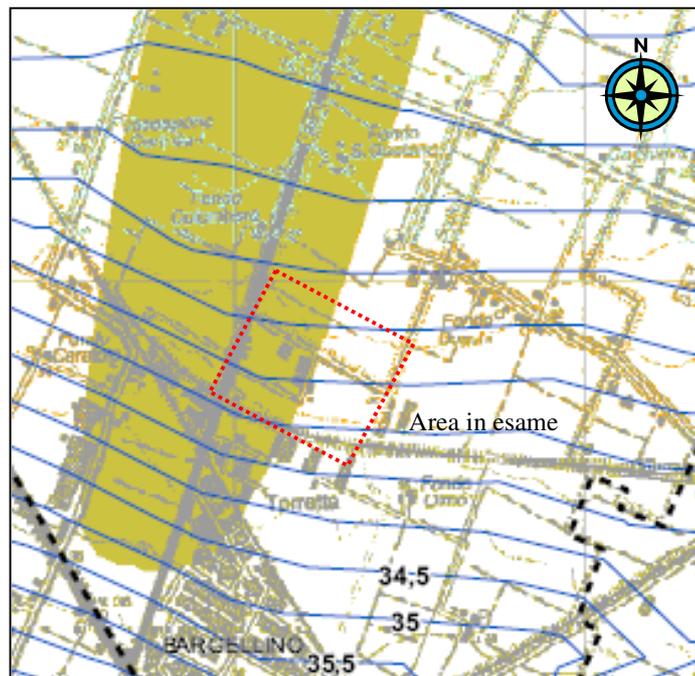


Figura 5.1. Estratto dalla Carta Geomorfológica allegata al Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata Terre d'Acqua in scala 1:25.000 ingrandita alla scala 1:10.000 a cura dei Dott. Franchi, Asti, Melotti

Le prove eseguite tuttavia indicano che il tracciato fluviale restituito in carta con il colore verde è in realtà più spostato ad Est (almeno nella sua parte più meridionale) ed è riferibile ad attività del torrente Lavino.

La falda freatica il cui livello è stato misurato in corrispondenza dei fori di indagine ha dato risultati discordanti con quelli riportati nella Carta Piezometrica allegata al Quadro Conoscitivo del PSC in forma associata dei Comuni compresi nelle “Terre d’Acqua” (di cui un estratto in scala 1:10.000 si riporta in fig. 5.2) in quanto mentre nell’elaborato citato si estrapola una soggiacenza di circa 5,5 m, nelle misurazioni effettuate al termine delle prove la falda è risultata posizionarsi ad un livello posto a circa 6,7 m dal p.c. attuale questo forse in ragione del fatto che le misure per il PUA sono state eseguite al termine di un periodo molto siccitoso.

In questo sito la direzione della prima falda può essere variabile in funzione del suo livello, infatti se, come nel caso della Carta riportata in fig. 5.2, il livello interferisce con gli strati sabbiosi superficiali la direzione del flusso prende un andamento come quello riportato nell’elaborato citato in precedenza ovvero da SO verso NE; viceversa se il livello si abbatte al di sotto dei summenzionati livelli sabbiosi la direzione con ogni probabilità, segue il tetto delle ghiaie in direzione da SE a NO.

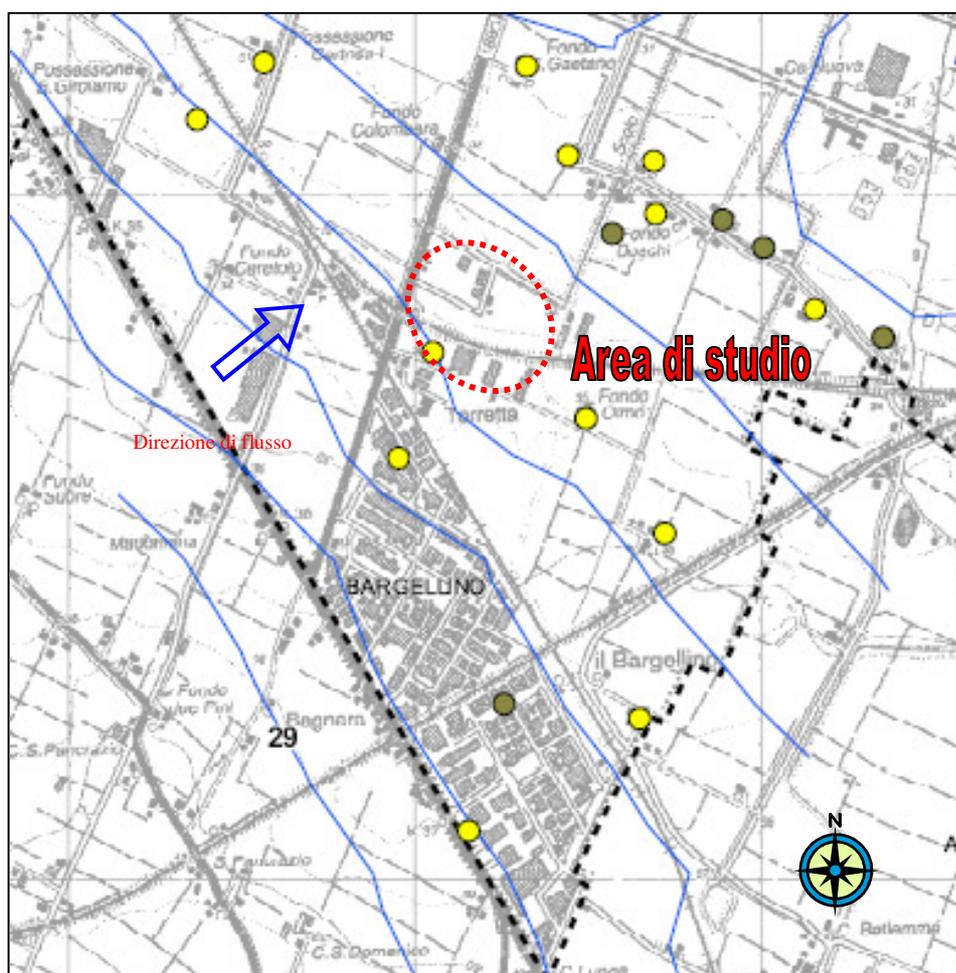


Fig. 5.2 – estratto dalla carta Idrogeologica allegata al PSC dell’Associazione di Comuni “Terre d’Acqua” scala 1:25.000 a cura dei Dott. Franchi, Asti, Melotti ingrandita alla scala 1:10.000

La permeabilità dei terreni superficiali (primo metro) è stata stimata in base alla litologia presente nel sito. Come si vede nel paragrafo 4.0 i terreni superficiali in tutte le prove tranne la n°1 e la n°2 sono di tipo argilloso che comporta un ordine di grandezza della permeabilità K di 10^{-8} m/s. nell'area delle prove 1 e 2 la permeabilità aumenta a 10^{-4} m/s in considerazione dello strato superficiale sabbioso limoso.

La vulnerabilità della falda è in generale bassa per quello che riguarda infiltrazioni di tipo verticale con eccezione dell'area nell'intorno della prova n°3 con direzione verso la prova n°4 in cui la coltre argillosa diminuisce la propria potenza fino ad avere uno spessore di 2,5 m. Si stima per questo fatto che la vulnerabilità passi a media.

Nell'area non sono presenti elementi idraulici importanti e comunque un esame del PSAI dell'Autorità di bacino del fiume Reno esclude per l'area il rischio di esondazione. Nel PSC si riportano prescrizioni per quello che riguarda la portata del Canale (tombato) che si trova in fregio all'area in esame in quanto una impermeabilizzazione troppo spinta, senza un adeguato compenso idraulico, porterebbe tale Canale in condizioni di criticità per quello che riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche.

Dal punto di vista della classificazione dell'area per quanto riguarda l'amplificazione sismica derivata dalla topografia si può inserire questa zona entro la categoria T1 (piano di campagna con pendenza minore di 15°).

6.0 Definizione della Zonizzazione Geotecnica

Per definire la zonizzazione geotecnica si utilizza lo stesso principi contenuto nella Relazione geologica allegata al PSC dell'Unione di Comuni Terre d'Acqua a firma dei Dott. Geol. Franchi, Asti, Melotti e dell'Ing. Pagotto ed a cui si rimanda per la descrizione più approfondita del metodo.

In questa sede si vogliono solamente ricordare i principi fondamentali per questa classificazione; essa si basa sulla definizione della resistenza media alla punta di un penetrometro statico compresa negli intervalli tra $0,0 \text{ m} \div 5,00 \text{ m}$ e $5,00 \text{ m} \div 10,00 \text{ m}$.

Questi intervalli sono significativi in quanto nel primo sono impostate la maggioranza delle strutture di fondazione degli edifici che utilizzano fondazioni superficiali e nel secondo si ha, per la stessa tipologia di edifici, viene a trovarsi il volume significativo del terreno reagente con il carico degli edifici nel quale si esauriscono la maggior parte dei cedimenti.

Le prove eseguite hanno fornito i seguenti risultati:

Definizione della Classe geotecnica del terreno				
	Rp	Rp	Prof. rifiuto	Classe
	0,0 m - 5,0 m	5,01 m - 10,0 m		
	kg/cm ²	kg/cm ²	m	
CPT 1	38,2	54,3	7,40	D3
CPT 2	22,8	53,2	8,20	D3
CPT 3	28,8	54,2	9,60	D3
CPT 4	18,7	79,7	6,80	D3
CPT 5	15,4	79,8	7,80	D3
CPT 6	14,7	155,2	7,20	D3
CPT 7	25,4	89,3	7,60	D3

Tabella 6.1 – definizione della Classe di geotecnica del terreno

Come evidenziato nella tabella 6.1 i valori della resistenza alla punta elaborati dalle prove penetrometriche eseguite sono molto vicini tra loro nella media dei due intervalli nelle prime 3 prove mentre nelle altre 4 i valori del primo strato, per essendo prossime a 1,5 kPa vedono la seconda metà della successione con valori molto più elevati.

Con queste caratteristiche si classificano i terreni dal punto di vista geotecnico nella classe "D3" su tutta l'area interessata dal POC.

Si riporta, per completezza la descrizione della classe D come proposta nella Relazione citata in precedenza:

D = Zone dotate di terreni di qualità meccaniche da normali ($1.000 < r_p < 1.500 \text{ kPa}$) a discrete ($> 1.500 \text{ kPa}$) per entrambi gli strati considerati. In questa zona di edificabilità, le possibili variazioni di caratteristiche tra il primo ed il secondo intervallo possono essere molto grandi, tali da richiedere ulteriori suddivisioni in sottoclassi. Le due sottoclassi "D1", "D2", rappresentano rispettivamente un andamento del parametro meccanico (r_p) vicino, rispettivamente, alle situazioni della classe "B", oppure della classe "C". L'edificabilità con normali tecniche costruttive è in genere assicurata, per questa classe. Nei casi in cui sono verificate caratteristiche meccaniche classificabili come classe "D1" o classe "D2", vi possono essere limitazioni anche per edifici di normale impegno o a causa dei cedimenti assoluti o differenziali, oppure alle pressioni di esercizio. La sottoclasse "D3", rappresenta le situazioni di distribuzione omogeneamente più che discreta ($>1.500 \text{ kPa}$) dei valori meccanici.

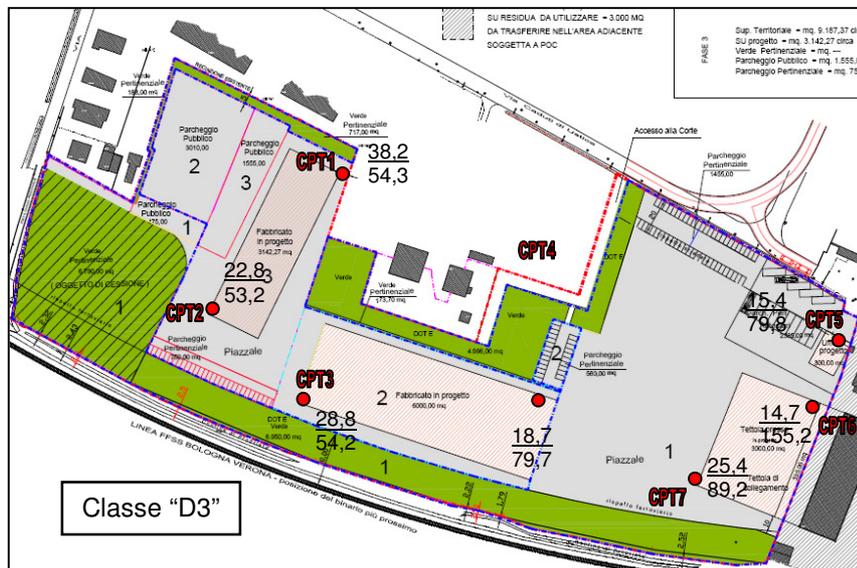


Figura 6.1. Classificazione geotecnica dell'area su planimetria di progetto scala 1:4000

7.0 Inquadramento Strutturale e Sismico

La convergenza tra la placca Europea e quella Africana produce nell'Appennino Settentrionale un pattern deformativo ed un'attività sismica molto complessi.

Il campo di stress attivo rivela la presenza di un settore tirrenico della catena in cui predomina un campo deformativi estensionale, mentre nel settore Adriatico prevale una compressione attiva.

Alcune teorie spiegano questa disposizione dei campi tensionali con la presenza di una zona di subduzione che si svilupperebbe in direzione SO portando il basamento dell'Appennino al di sotto del Tirreno creando un inarcamento al di sotto della Toscana (finestra tettonica delle Alpi Apuane) e la creazione di un cuneo di subduzione a tergo (catena Appenninica sollevata e sepolta).

In quest'ultimo settore, in cui si colloca l'Emilia – Romagna, evidenze geologiche, sezioni sismiche e studi morfotettonici, indicano infatti che la tettonica attiva sia generalmente caratterizzata dalla presenza di strutture compressive attive, come sovrascorrimenti e piegamenti (vedi sezione geologica riportata in fig. 7.1 – Estratto dalla Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna – Boccaletti e alii 2004 ed. SELCA).

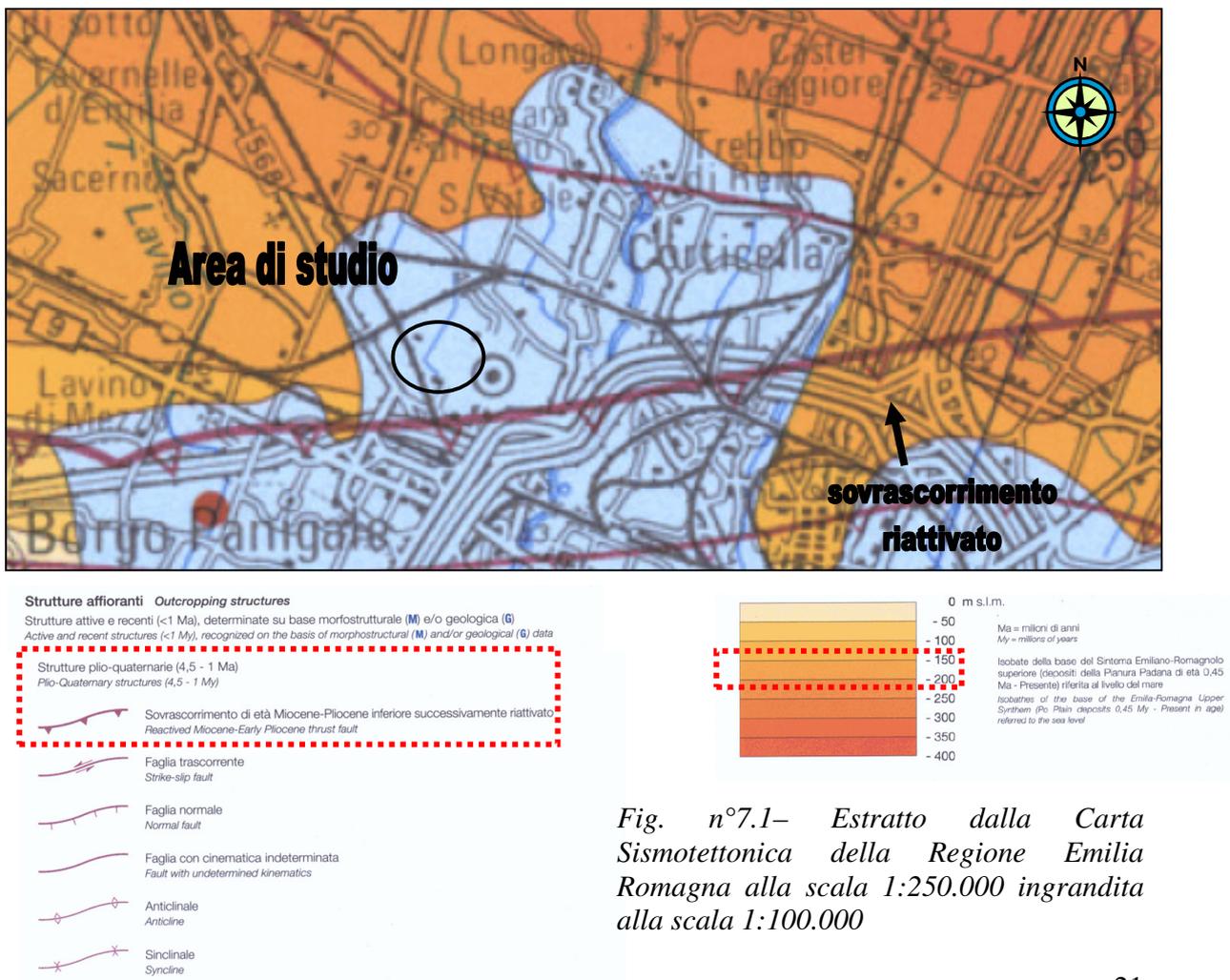


Fig. n°7.1– Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000 ingrandita alla scala 1:100.000

L'analisi sismotettonica dell'Emilia – Romagna ha messo in evidenza come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e di Ferrara.

A tali strutture (in particolare alla dorsale Ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale osservati in alcune aree di Pianura Padana, nelle province di Reggio Emilia e Modena (Pellegrini & Mezzani, 1978).

La carta sismotettonica, inoltre evidenzia isobate della base del Sintema Emiliano Romagnolo superiore che coincide con i depositi della pianura padana di età 0,45 Ma corrisponde ad una quota riferita al livello del mare di circa -250 m

Dall'analisi della Carta Strutturale edita dalla Regione Emilia Romagna si può verificare come l'area del barellino sia posta immediatamente a settentrione di una delle linee tettoniche compressive di maggiore significato conosciuta come linea pedemontana il cui sistema borda tutta la fronte della parte sollevata della catena Appenninica. Altre strutture minori si dipartono da questa dando origine a scaglie che in pianta assumono la forma di una arco. L'età di questa linea tettonica è posizionabile nel Pliocene inferiore (4,5 Ma) ma essa, e tutte quelle nella sua prossimità sono state riattivate anche in tempi recenti (Pleistocene inferiore, 1 Ma).

Lembi di questa struttura sono ancora attivi come testimoniano sismi anche di $M > 5.5$ avvenuti in prossimità della città di Bologna; un esame della Carta interattiva D.I.S.S. 3.1.1 ha permesso di individuare la struttura sismo genetica più prossima al sito di interesse (vedi fig. 7.2) individuandola in quella denominata ITC S 047 Castelvetro di Modena – Castel San Pietro e di calcolare l'accelerazione massima nel sito considerato (vedi Tabella 7.1)



Fig. n°7.2– Estratto dalla Carta delle strutture sismo genetiche D.I.S.S. 3.1.1 edita da INGV

Le caratteristiche principali di questa struttura sono:

Direzione: 85° N – 135° N
 Inclinazione: 20° – 40°
 Immersione: 80° N – 100° N
 Profondità minima e massima degli eventi: 2,0 – 8,0 Km
 Magnitudo massima (storica): 5,6
 Scorrimento relativo: 0,1 – 0,5 mm/anno

Il catalogo storico e strumentale ci mostra che nella parte centrale e occidentale della struttura si sono avuti numerosi sismi sia di media grandezza che catastrofici di questi ultimi si ricorda (da O verso E):

3/010/1505 Bologna M = 5,5
 20/04/1929 area bolognese M = 5,5
 20/07/1399 area modenese M = 5,4

Si deve ricordare poi l'evento successo immediatamente a S della struttura in questione il 06/02/1455 di M = 5,4

L'area in oggetto si trova ad una distanza di 4,78 km; come citato in precedenza nella Tabella 7.1 sono evidenziate le distanze e le accelerazioni al suolo per sismi della M massima aspettata nel sito e di M = 6.0 in considerazione degli ultimi avvenimenti tellurici che hanno interessato la Regione Emilia Romagna.

<input checked="" type="radio"/> Siti rigidi o depositi alluvionali profondi con spessori maggiori di 20 metri <input type="radio"/> Depositi superficiali con spessore compreso tra 5 e 20 metri								
<input checked="" type="checkbox"/> Imposta distanza con il mouse								
Sorgente sismogenetica	P1		P2		Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)	Accelerazione al suolo (g)	
	Lat. (°)	Long. (°)	Lat. (°)	Long. (°)				
<input type="radio"/> ITC S 047	44.550447	11.266458	44.5075	11.266458	4.78	5.6	0.223	
<input checked="" type="radio"/> ITC S 047	44.550447	11.266458	44.5075	11.266458	4.78	6.0	0.311	
<input type="radio"/>								

Tabella 7.1 calcolo dell'accelerazione massima al suolo da D.I.S.S. 3.1.1 edito da INGV.

7.2 Inquadramento Sismico e determinazione dell'azione sismica di progetto

La regione Emilia – Romagna è interessata da una sismicità media relativamente a quella nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6.0 della scala Richter, e intensità del IX- X grado della scala MCS; il Comune di Calderara di Reno è classificato entro la categoria III[^] (bassa sismicità) entro la Classificazione dei Comuni Sismici d'Italia allegata all'OPCM 03/2003.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla 'pericolosità sismica di base del sito che costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche

Secondo quanto prescritto da NTUC per l'area analizzata deve essere stabilita dalla "pericolosità sismica di base" del sito che costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante specifiche analisi che fornissero la quantificazione della Velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di spessore (V_{s30}) e la frequenza di risonanza tipica del terreno. Tali scopi, come indicato nel paragrafo 1.0 e 2.0 sono stati ottenuti mediante rilievi geofisici con tecnica ReMI per quello che riguarda il calcolo di VS 30 e HVSR (indagine tomografica) per quello che riguarda la ricerca della frequenza tipica del terreno.; i risultati sono riportati in allegato 3 e 4.

Dalle elaborazioni effettuate si è riscontrato che i terreni di fondazione ricadono entro la categoria C essendo caratterizzati da un valore V_s pari a 270 ± 20 m/s.

Tale categoria è così definita nelle NTUC2008: "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180mt/sec e 360 mt/sec (ovvero $15 < NSPT, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < cu, 30 < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)".

I fattori di amplificazione da utilizzare per la costruzione degli spettrogrammi di accelerazione, desunti dall'atto di indirizzo tecnico della RER (vedi par. 1.0) saranno quelli previsti per il tipo morfologico PIANURA 2 e si riportano di seguito:

F.A. P.G.A.										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Tabella n.7.2 – Valori di amplificazione, relativi all'ambito Pianura 2.

Nel sito i rilievi HRSV hanno dato i seguenti risultati:

- Si rilevano blandi picchi a frequenze di circa 1,0 Hz
- In tutte le prove si ha una coalescenza di picchi tra 3,6 e 10,6 Hz; questi picchi sono più significativi avendo un rapporto H/V maggiore di 2
- In Bargellino 1 e Bargellino 2 si rileva un picco importante a 15,6 Hz (questo picco è dato, con ogni probabilità dall'interfaccia al tetto delle ghiaie.

Inserendo nei dati di progetto i parametri che tengano conto del tipo di costruzione (costruzione di tipo 1 vedi tabella 2.4.1 del NTUC), della classe d'uso dell'opera (considerata di classe II – vedi tabella 2.4.II del NTUC) e dell'amplificazione derivata dalla topografica (categoria T1 – vedi tabella 3.2.IV del NTUC) si ottengono gli accelerogrammi associati ai diversi stati limite; nel nostro caso si considerano gli SLO, SLV, SLD e SLC di cui si riporta in allegato 4 i grafici e le relative tabelle di calcolo.

Classe d'uso II. Rientrano in questa classe le costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Si riportano in allegato gli spettri di risposta per lo Stato Limite di Operatività, di Danno per lo Stato Limite di Vita e per lo Stato Limite di Collasso; di seguito si riportano le tabelle con i parametri sismici e i coefficienti sismici relativi ai due stati

Applicando tali fattori alle formule per la costruzione dei grafici sismici (componente orizzontale e componente verticale del moto) si ottengono, per il sito in esame i seguenti parametri:

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	16507	44,563670	11,245570	2207,3
Sito 2	16508	44,564970	11,315690	4109,5
Sito 3	16730	44,515000	11,317460	5664,0
Sito 4	16729	44,513690	11,247430	4482,0

Tabella 7.3 – Siti di Riferimento.

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,051	2,482	0,258
Danno (SLD)	63	50	0,063	2,501	0,272
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,165	2,418	0,299
Prevenzion e dal collasso (SLC)	5	975	0,215	2,428	0,301

Tabella 7.4 – Parametri Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,015	0,008	0,755	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,019	0,010	0,933	0,200
SLV	1,460	1,560	1,000	0,058	0,029	2,358	0,240
SLC	1,390	1,560	1,000	0,084	0,042	2,925	0,280

Tabella 7.5 – Coefficienti Sismici.

8.0 Verifica del potenziale di liquefazione

Poiché dall'analisi della stratigrafia emerge che nel sito sono presenti livelli assimilabili a orizzonti sabbiosi saturi e continui, in ottemperanza a quanto richiesto dall'atto di indirizzo della Giunta Regionale dell'E.R. progr.112, si rende necessario effettuare le verifiche relativamente alla probabilità che avvenga il fenomeno della liquefazione delle sabbie in corrispondenza di un evento sismico. Visti gli sviluppi degli ultimi eventi sismici avvenuti si considererà nei calcoli un evento di $M = 6.0$.

Da ricerche bibliografiche si è potuto notare che la falda può avere una escursione tra i $- 5,0$ m ed i $- 6,80$ m nei diversi periodi dell'anno; in questa analisi si considera la profondità della falda a $- 5,0$ m agendo in favore di sicurezza.

I calcoli eseguiti con i valori provenienti dalle prove CPT 1 ÷ CPT 7 tengono conto della massima profondità di indagine raggiunta.

Per la verifica è stato utilizzato un programma di calcolo conosciuto come Liquesab edito dalla Casa Editrice Flaccovio a Cura di Giulio Riga.

Per il calcolo si utilizzeranno le seguenti teorie:

Stima di R_d : 1986 Liao e Withman 1986 - Stima di MSF : Youd et. Al. 2001 - Stima di PL : Juang 2006

$F_{sl} = 1.0$

Il Metodo è quello proposto da Robertson e Wride.

Nelle verifiche è stata inserita anche la parte superficiale dello strato ghiaioso che ha portato al rifiuto all'avanzamento. Da fronti di cava presenti a meno di un chilometro di distanza si può verificare che la litologia delle ghiaie può essere inserita nella categoria GP che per definizione ha una bassa attitudine a dare fenomeni di liquefazione. Nelle verifiche eseguite tutti i coefficienti di sicurezza sono risultati prossimi allo zero che non è un valore plausibile per questo tipo di litologia; probabilmente questo avviene a causa della difficoltà (e scarso significato) delle letture di attrito laterale.

In ragione di questo fatto nella trattazione successiva non si terrà conto dei valori calcolati nei livelli ghiaiosi.

Nelle tabelle 8.1 – 8.14 si riportano i risultati dell'analisi.

CPT 1

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE															
DATI DI CALCOLO															
VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)											
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,24	PROFONDITA' DEL CARICO (m)											
PROFONDITA' FALDA (m)	5														
DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	6,2	6,8	7,2	7,4											
qc (kg/cmq)	34,5	28,7	24	400											
fs (kg/cmq)	2	0,9	2,4	4,2											
DATI SULLA STRATIGRAFIA															
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
PROFONDITA' (m)	6,2	6,8	7,2	7,4											
DENSITA' (g/cm ³)	1,96	1,9	1,96	2,15											
CLASSIFICAZIONE	CL	ML	OH	GP											

Tabella n°8.1 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 1 - Dati di input

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	lc	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	6,2	34,5	2	1,21	1,09	1	30,39	6	2,81	0,94	47,07	4,94	155,74	47,31
2	6,8	28,7	0,9	1,32	1,14	1	23,81	3,28	2,71	0,89	41,52	4,14	103,48	29,78
3	7,2	24	2,4	1,4	1,18	1	19,02	10,62	3,13	0,87	68,24	8,4	169,91	62,87
4	7,4	400	4,2	1,45	1,21	0,5	356,35	1,05	1,54	0,92	3,49	1	357,65	63,35

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	6,2	0,952	0,164	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	6,8	0,947	0,17	0,183	0,973	0,178	2,083	0,371	0,17	2,184	0	NL	MOLTO BASSO	1-2
3	7,2	0,944	0,174	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	7,4	0,943	0,176	0,001	0,961	0	2,083	0	0,176	0	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.2 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 1 – Risultati di calcolo

CPT 2

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE															
DATI DI CALCOLO															
VERIFICA N°	2	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)											
AREA		ACCELERAZIONE MAX.	0,24	PROFONDITA' DEL CARICO (m)											
PROFONDITA' FALDA (m)	5														
DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	5,4	6,2	7,8	8,2											
qc (kg/cmq)	21,7	8,5	9,5	362											
fs (kg/cmq)	1,02	0,271	0,505	1,2											
DATI SULLA STRATIGRAFIA															
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
PROFONDITA' (m)	5,4	6,2	7,8	8,2											
DENSITA' (g/cm ³)	1,94	1,85	1,88	2,15											
CLASSIFICAZIONE	ML	SM	CL	GP											

Tabella n°8.3 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 2 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIDE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N) _{cs}	(N1) _{60cs}
1	5,4	21,7	1,02	1,04	1	1	20,49	4,93	2,88	1,02	51,03	5,54	119,48	37,69
2	6,2	8,5	0,271	1,19	1,07	1	6,79	3,71	3,18	0,96	72,04	9,07	71,74	27,49
3	7,8	9,5	0,505	1,49	1,21	1	6,57	6,3	3,33	0,84	83,89	11,24	87,78	37,51
4	8,2	362	1,2	1,58	1,26	0,5	315,58	0,33	1,22	0,9	0	1	316,96	50,78

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRtsl	FSL	PI/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	5,4	0,958	0,155	0,238	1	0,238	2,083	0,497	0,155	3,207	0	NL	MOLTO BASSO	1-2
2	6,2	0,952	0,165	0,114	0,99	0,113	2,083	0,235	0,165	1,429	2	NL	MOLTO BASSO	1-2
3	7,8	0,94	0,18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	8,2	0,937	0,183	0,001	0,951	0	2,083	0,001	0,183	0,01	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.4 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 2 - Risultati di calcolo.

CPT 3

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE															
DATI DI CALCOLO															
VERIFICA N°	3	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)											
AREA		ACCELERAZIONE MAX.	0,24	PROFONDITA' DEL CARICO (m)											
PROFONDITA' FALDA (m)	5														
DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	2,2	6,8	8,8	9,6											
qc (kg/cmq)	35,1	25,9	13,1	215											
fs (kg/cmq)	2,52	0,78	0,66	2,36											
DATI SULLA STRATIGRAFIA															
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
PROFONDITA' (m)	2,2	6,8	8,8	9,6											
DENSITA' (g/cm ³)	1,98	1,91	1,93	2,1											
CLASSIFICAZIONE	CL	SM	CL	GP											

Tabella n°8.5 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 3 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\text{max.}) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	2,2	35,1	2,52	0,43	0,43	1	79,57	7,26	2,6	2,37	35,68	3,36	271,41	73,68
2	6,8	25,9	0,78	1,31	1,13	1	21,67	3,17	2,74	0,91	42,71	4,31	98,42	28,66
3	8,8	13,1	0,66	1,7	1,32	1	8,63	5,78	3,21	0,78	74,34	9,49	94,18	36,86
4	9,6	215	2,36	1,86	1,4	0,5	176,69	1,1	1,75	0,85	7,26	1,07	192,08	36,58

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	2,2	0,983	0,153	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	6,8	0,947	0,171	0,168	0,976	0,164	2,083	0,343	0,171	2,007	0	NL	MOLTO BASSO	1-2
3	8,8	0,932	0,187	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	9,6	0,917	0,189	0,001	0,925	0	2,083	0,001	0,189	0,01	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.6 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 3 - Risultati di calcolo.

CPT 4

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE															
DATI DI CALCOLO															
VERIFICA N°	4	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)											
AREA		ACCELERAZIONE MAX.	0,24	PROFONDITA' DEL CARICO (m)											
PROFONDITA' FALDA (m)	5														
— DATI SULLE PROVE —															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	2,6	4	5	5,4	6,4	6,8									
qc (kg/cmq)	22,8	19,6	7,8	17,5	15,2	303									
fs (kg/cmq)	1,59	0,41	0,46	0,33	0,78	5,82									
— DATI SULLA STRATIGRAFIA —															
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
PROFONDITA' (m)	2,6	4	5	5,4	6,4	6,8									
DENSITA' (g/cm ³)	1,95	1,89	1,78	1,85	1,9	2,15									
CLASSIFICAZIONE	CL	SM	CL	SP	CL	GP									

Tabella n°8.7 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 4 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	2,6	22,8	1,59	0,5	0,5	1	43,97	7,13	2,76	2,03	43,9	4,48	201,48	59,36
2	4	19,6	0,41	0,77	0,77	1	24,4	2,17	2,6	1,33	35,39	3,33	84,63	22,91
3	5	7,8	0,46	0,94	0,94	1	7,21	6,71	3,31	1,08	82,61	11	90,37	38,16
4	5,4	17,5	0,33	1,02	0,98	1	16,75	2	2,71	1,05	41,14	4,09	72,78	20,87
5	6,4	15,2	0,78	1,21	1,07	1	13,02	5,57	3,06	0,96	63,19	7,53	106,67	37,68
6	6,8	303	5,82	1,29	1,11	0,5	280,5	1,92	1,81	0,96	8,54	1,12	315,84	61,47

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	2,6	0,98	0,152	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	4	0,969	0,151	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	5	0,961	0,149	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	5,4	0,958	0,155	0,115	1	0,115	2,083	0,241	0,155	1,557	1	NL	MOLTO BASSO	1-2
5	6,4	0,951	0,167	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	6,8	0,947	0,171	0,001	0,98	0	2,083	0	0,171	0	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.8 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 4 - Risultati di calcolo.

CPT 5

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE															
<i>DATI DI CALCOLO</i>															
VERIFICA N°	5	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)											
AREA		ACCELERAZIONE MAX.	0,24	PROFONDITA' DEL CARICO (m)											
PROFONDITA' FALDA (m)	5														
- DATI SULLE PROVE -															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	4,8	7	7,4	7,8											
qc (kg/cmq)	16,8	11,2	9,5	320											
fs (kg/cmq)	0,93	0,18	1,73	3,55											
- DATI SULLA STRATIGRAFIA -															
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
PROFONDITA' (m)	4,8	7	7,4	7,8											
DENSITA' (g/cm ³)	1,91	1,87	1,69	2,15											
CLASSIFICAZIONE	CL	SP	OH	GP											

Tabella n°8.9 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 5 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)es	(N1)60cs
1	4,8	16,8	0,93	0,91	0,91	1	17,32	5,85	2,98	1,12	57,69	6,61	121,18	40,68
2	7	11,2	0,18	1,32	1,12	1	8,75	1,82	2,92	0,91	53,87	5,99	59,52	19,28
3	7,4	9,5	1,73	1,39	1,15	1	7,01	21,34	3,65	0,89	114,82	17,17	141,2	81,17
4	7,8	320	3,55	1,48	1,2	0,5	285,83	1,11	1,62	0,92	4,74	1	287,16	52,19

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	4,8	0,963	0,15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	7	0,946	0,173	0,099	0,978	0,097	2,083	0,203	0,173	1,173	7	NL	BASSO	1-2
3	7,4	0,943	0,177	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	7,8	0,94	0,18	0,001	0,962	0	2,083	0	0,18	0	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.10 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 5 - Risultati di calcolo.

CPT 6

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE					
DATI DI CALCOLO					
VERIFICA N°	6	MAGNITUDO	6.0	CARICO (kg/cmq)	
AREA		ACCELERAZIONE MAX.	0.24	PROFONDITA' DEL CARICO (m)	
PROFONDITA' FALDA (m)	5.0				

DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	4,6	6,8	7,2												
qc (kg/cmq)	16,4	17,8	404												
fs (kg/cmq)	0,93	0,51	4,39												

DATI SULLA STRATIGRAFIA										
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	4,6	6,8	7,2							
DENSITA' (g/cm ³)	1,92	1,9	2,15							
CLASSIFICAZIONE	CL	SM	GP							

Tabella n°8.11 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 6 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)es	(N1)60es
1	4,6	16,4	0,93	0,88	0,88	1	17,56	5,99	2,99	1,16	57,84	6,63	123,25	41,44
2	6,8	17,8	0,51	1,3	1,12	1	14,71	3,09	2,86	0,92	50,01	5,39	85,58	26,73
3	7,2	404	4,39	1,38	1,16	0,5	366,62	1,09	1,54	0,94	3,56	1	367,88	65,27

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	4,6	0,964	0,15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	6,8	0,947	0,171	0,138	0,979	0,135	2,083	0,282	0,171	1,65	1	NL	MOLTO BASSO	1-2
3	7,2	0,944	0,175	0,001	0,969	0	2,083	0	0,175	0	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.12 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 6 - Risultati di calcolo

CPT 7

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE															
DATI DI CALCOLO															
VERIFICA N°	7		MAGNITUDO	6.0		CARICO (kg/cmq)									
AREA			ACCELERAZIONE MAX.	0.240		PROFONDITA' DEL CARICO (m)									
PROFONDITA' FALDA (m)	5.0														
DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	5	5,8	6,2	7,2	7,8										
qc (kg/cmq)	26,8	16	11,5	18,5	350										
fs (kg/cmq)	1,23	0,5	0,79	0,54	2,12										
DATI SULLA STRATIGRAFIA															
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
PROFONDITA' (m)	5	5,8	6,2	7,2	7,8										
DENSITA' (g/cm ³)	1,94	1,92	1,92	1,92	2,15										
CLASSIFICAZIONE	CL	SM	CL	SM	GP										

Tabella n°8.13 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 7 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIDE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,24$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc/1N)cs	(N1)60cs
1	5	26,8	1,23	0,97	0,97	1	26,62	4,76	2,78	1,06	45,39	4,69	129,77	38,79
2	5,8	16	0,5	1,12	1,04	1	14,25	3,36	2,9	0,99	52,04	5,7	87,47	27,85
3	6,2	11,5	0,79	1,2	1,08	1	9,53	7,67	3,26	0,95	77,85	10,12	107,79	43,56
4	7,2	18,5	0,54	1,39	1,17	1	14,59	3,15	2,87	0,88	50,52	5,46	86,3	27,09
5	7,8	350	2,12	1,52	1,24	0,5	307,69	0,6	1,4	0,91	1,57	1	309,03	52,33

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	5	0,961	0,149	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	5,8	0,955	0,16	0,142	0,997	0,141	2,083	0,295	0,16	1,847	0	NL	MOLTO BASSO	1-2
3	6,2	0,952	0,165	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	7,2	0,944	0,174	0,139	0,968	0,135	2,083	0,282	0,174	1,621	1	NL	MOLTO BASSO	1-2
5	7,8	0,94	0,179	0,001	0,955	0	2,083	0	0,179	0	100	L	ALTO	3-4

Tabella n°8.14 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 7 - Risultati di calcolo

LEGENDA			
qc	Resistenza alla punta misurata	CSR	Sforzo di taglio indotto dal sisma
fs	Attrito laterale specifico misurato	fsl	Fattore di sicurezza applicato a CSR
Pt	Tensione verticale litostatica	CRR7.5	Resistenza al taglio mobilitata per un terremoto di magnitudo 7.5
Pe	Tensione verticale litostatica efficace	Ksigma	Fattore di correzione della pressione di sovraccarico per CRR7.5
n	Esponente pressione (Ic)	CRRv	Resistenza al taglio mobilitata corretta con Ksigma
Q	Resistenza alla punta normalizzata	MSF	Fattore di scala della magnitudo per CRR7.5
F	Attrito laterale normalizzato	CRRm	Resistenza al taglio mobilitata dopo la correzione con MSF
Ic	Indice del tipo di terreno	CSRfsl	CSR corretto con un fattore di sicurezza fsl
Cq	Fattore di correzione pressione di sovraccarico	FSL	Fattore di sicurezza
FC	Contenuto in fini	PL	Probabilità/Indice del potenziale di liquefazione
Kc	Fattore di correzione fini	De*	Descrizione (probabilità di liquefazione)
rd	Coefficiente di riduzione delle tensioni	CL	Classe di fattibilità
(N1)60cs	Resistenza penetrometrica (N1)60 corretta	N/A	Non applicabile in terreni coesivi o asciutti
(qc1N)cs	Resistenza alla punta corretta per la presenza di fini		

Secondo quanto riportato nell'Atto di indirizzo Tecnico dell'Assemblea Legislativa RER (Progr. N. 112, oggetto n. 2131 del 2/05/2007) per verificare la possibilità di occorrenza dei fenomeni di liquefazione vanno impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica vengono denominati ' metodi semplificati '

Tali metodi sono basati su prove geognostiche di tipo corrente e sulla valutazione, ad ogni quota del deposito compresa nei primi 20,00 m, del coefficiente di sicurezza FL.

Tale valore è pari a:

$$FL = (CRR/CSR) MSF$$

Dove MSF è un fattore di scala che può essere valutato in funzione della Magnitudo dei terremoti attesi mediante la Tab.1 riportata nell'Allegato 3 dell'Atto di indirizzo.

Il coefficiente di sicurezza è il dato indispensabile per determinare l'Indice del potenziale di liquefazione I_L , il cui valore è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0,5z$

Ad una data quota z il fattore $F(z) = F$ vale:

$$F = 1 - FL \text{ se } FL \leq 1$$

$$F = 0 \text{ se } FL > 1$$

Di seguito si riporta il grado del rischio di liquefazione in relazione al valore di I_L :

$0 < I_L \leq 5$ il rischio di liquefazione è basso

$5 < I_L \leq 15$ il rischio di liquefazione è elevato

$I_L > 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato

Dai calcoli effettuati risulta che FSL è sempre maggiore di 1,0 tolti i casi degli orizzonti ghiaiosi dei quali si è già discusso in precedenza. Tali risultati fanno rientrare l'area tra quelle a bassa attitudine a dare fenomeni di liquefazione da parte degli strati a comportamento granulare.

9.0 Conclusioni

Dalle prove eseguite e dalla consultazione dei dati bibliografici acquisiti si possono trarre le seguenti conclusioni:

I terreni presenti sono di genesi sedimentaria derivati dalla dinamica deposizionale del fiume Reno nel periodo Recente (0,0 – 0,016 Ma) per questo motivo sono classificati entro la Carte Geologica d'Italia scala 1:50.000 come appartenenti al Supersistema Emiliano Romagnolo Superiore (AES) di cui formano il Subsistema di Ravenna (AES8). Questo Subsistema è composta da terreni di tutte le frazioni granulometriche con quelle superiori limitate alle parti intravallive e di alta pianura. Nell'area in esame infatti sono state rinvenute granulometrie massime di sabbia grossolana ma disposte in strati di spessore al massimo deca metrico. Le sezioni eseguite dai dati elaborati dalle prove mostrano che nell'area è stato attivo un corso d'acqua che ha dato origine a 3 paleovalvei, due compresi nei primi 5,0 m di spessore ed uno posizionato a circa 10,0 m dal p.c. attuale. La potenza dei sedimenti di canale franco è sempre comunque molto bassa (al massimo 2 m). Nell'area sono stati rinvenuti anche strati di argilla tenera non o poco organici il cui elemento più continuo è quello posto a circa 3,0 m (ma non in tutte le prove) il cui spessore è variabile in quanto probabilmente oggetto di erosione da parte del ciclo di canale n°1.

Le misure effettuate ad estrazione delle aste nei fori di prova hanno mostrato una grande variabilità della soggiacenza della falda. Ciò può essere imputato alla presenza di una piccola falda sospesa tenuta alimentata da un antico invaso ora riempito ma che evidentemente svolge ancora la sua azione di ritenzione e successiva alimentazione di acque nei terreni circostanti. La falda misurata nelle prove più distanti dall'invaso è risultata essere posta a profondità variabili tra i -1,70 m ed i -2,40 m in accordo con quanto riportato nella Carta Idrogeologica allegata al Quadro Conoscitivo del PSC Unione dei Comuni Reno Galliera. In disaccordo con quanto riportato nella Carta citata si ha la direzione della falda che dalle misure effettuate risulta ruotata di 90° rispetto a quella dell'elaborato citato (Da SO verso NE anziché da SE verso NO).

Nell'area sono state eseguite misure di permeabilità dei terreni superficiali (1,0 m) mediante pozzetti quadrati con il metodo del carico variabile. I risultati ottenuti sono in linea con quanto ricavato in via preliminare analizzando i dati stimati dall'elaborazione delle prove statiche e relativi alla granulometria dei terreni stimati. Si ha infatti che la permeabilità del terreno insaturo (prima mezz'ora) si aggira su di un ordine di grandezza di 10^{-4} m/s mentre la permeabilità del terreno saturo (termine della prova) è di 10^{-6} m/s. Questo significa che all'inizio prevale la porosità delle granulometrie più elevate (sabbie fini) e successivamente prevale invece quella delle frazioni più fini del terreno (limo con una bassa percentuale di argilla) che va a contrastare la penetrazione dell'acqua nel terreno. C'è da rilevare che la permeabilità misurata è essenzialmente quella orizzontale in quanto in tutti i pozzetti il fondo era dato da argilla franca. In base a questi dati si può affermare anche che la vulnerabilità della falda (-2,40 m) è bassa in quanto protetta da uno strato argilloso di circa 1,0 m di spessore ma il rischio di espansione laterale di sostanze inquinanti è relativamente alto in ragione dello strato sabbioso limoso superficiale. Per questo motivo nella progettazione dei fabbricati deve essere tenuta in particolare considerazione la modalità esecutiva di tutti gli apparati destinati allo smaltimento delle acque (sia reflue che meteoriche).

La geomorfologia dell'area, come evidenziato nella fig. 5.2, pur essendo stata parzialmente obliterata dall'azione antropica porta i segni evidenti dell'azione fluviale che ha generato questa parte di pianura con tracciati dei corsi d'acqua di tipo meandriforme e rotte d'argine (le cui tracce sono tuttora presenti nell'avvallamento con direzione SE – NO che interessa l'area (vedi fig. 5.1). Nell'area era presente un invaso per la lavorazione della canapa ora riempito con terreno e altro materiale di risulta; le prove eseguite nell'area in cui si riteneva potesse essere collocato non hanno evidentemente raggiunto l'obiettivo in quanto la prova è perfettamente correlabile con le altre limitrofe. Sarà necessario in fase esecutiva determinare l'esatta posizione dell'invaso sia utilizzando sovrapposizioni di CTR con foto aeree (opportunamente scalate) e raffittendo nei lotti interessati le campagne geognostiche prescritte dalla Legge in fase esecutiva.

Dall'esame delle resistenze alla punta del penetrometro statico (q_c) è stato possibile dare un giudizio per quello che riguarda l'omogeneità dell'area dal punto di vista geotecnico; essa ricade nella categoria "D3"; in questa categoria si possono edificare fabbricati di normale impegno con fondazioni superficiali. Quanto affermato in precedenza non toglie l'obbligo di eseguire le campagne geognostiche previste dalla Legge per ogni lotto di terreno edificabile da dimensionare in funzione della dimensione dei fabbricati sia in altezza che in larghezza e lunghezza nonché in funzione del tipo di fondazione che si ritiene di utilizzare.

In base a quanto richiesto dal NTUC 2008 l'area si può classificare dal punto di vista dell'amplificazione sismica derivata dalla morfologia dei terreni nella categoria T1

Sulla base di quanto prescritto dal NTC08 è stata determinata la velocità media delle onde sismiche di taglio è di circa 202 ± 16 m/sec; pertanto, per quanto riguarda l'amplificazione delle onde sismiche derivata dalla stratigrafica dei terreni, l'area ricade entro la categoria C *depositi a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*. Indagini specifiche su ogni lotto dovranno essere eseguite in fase esecutiva per la determinazione della frequenza tipica del terreno e della VS30 in ambito locale.

I fattori di amplificazione che permettono di calcolare la velocità al suolo delle onde sismiche devono fare riferimento al tipo Pianura 2 riportato entro l'Atto di indirizzo tecnico deliberato dall'Assemblea Legislativa dell'Emilia Romagna prog.112 del 02/05/2007.

Di calcoli eseguiti risulta che i terreni a componente granulare prevalente posti sotto falda sono da ritenersi o non liquefacibili e ad attitudine alla liquefazione bassa per sismi di $M = 6.0$; si prescrive tuttavia che in fase esecutiva si proceda su ogni lotto, al di sotto del sedime dei fabbricati, con indagini specifiche (prelievo di campioni per analisi granulometriche e prove dinamiche tipo SCPT o prove SCPTU) soprattutto negli strati granulari fino a -5,0 m dal p.c.

Nella presente relazione i dati geotecnici presenti (c_u e j') nelle sezioni stratigrafiche non costituiscono modellazione geotecnica dei terreni; esse sono state utilizzate per cercare eventuali correlazioni tra strati litologici anche attraverso questo sistema. La Modellazione geotecnica dovrà fare parte della Relazione geotecnica che il NTUC 2008 prescrive sia allegata alla denuncia sismica di ogni fabbricato e deve trarre origine da prove dedicate al fabbricato di progetto.

Castenaso li 05/08/2013



Chili Giuliano
OGGER n°565 Sez A)

Allegati

Allegato 1
Prova Penetrometrica
e
Diagrammi

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :
- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,70 da quota inizio
- data di emissione : 09/10/2013

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	22,5	----	45,0	0,87	52,0	4,00	19,0	35,0	38,0	1,00	38,0
0,40	21,0	27,5	42,0	2,73	15,0	4,20	17,5	25,0	35,0	2,13	16,0
0,60	14,0	34,5	28,0	1,60	17,0	4,40	11,5	27,5	23,0	1,13	20,0
0,80	13,0	25,0	26,0	1,33	19,0	4,60	18,0	26,5	36,0	2,00	18,0
1,00	13,5	23,5	27,0	2,93	9,0	4,80	19,5	34,5	39,0	1,67	23,0
1,20	12,0	34,0	24,0	2,80	9,0	5,00	20,0	32,5	40,0	2,53	16,0
1,40	19,0	40,0	38,0	3,33	11,0	5,20	12,0	31,0	24,0	1,73	14,0
1,60	20,0	45,0	40,0	3,47	12,0	5,40	7,0	20,0	14,0	1,73	8,0
1,80	30,0	56,0	60,0	4,27	14,0	5,60	3,5	16,5	7,0	0,60	12,0
2,00	28,0	60,0	56,0	3,47	16,0	5,80	12,5	17,0	25,0	1,07	23,0
2,20	20,0	46,0	40,0	1,67	24,0	6,00	12,5	20,5	25,0	1,00	25,0
2,40	13,0	25,5	26,0	2,13	12,0	6,20	11,5	19,0	23,0	1,13	20,0
2,60	19,5	35,5	39,0	2,00	20,0	6,40	14,5	23,0	29,0	0,80	36,0
2,80	23,0	38,0	46,0	2,53	18,0	6,60	14,0	20,0	28,0	0,93	30,0
3,00	22,0	41,0	44,0	3,00	15,0	6,80	14,5	21,5	29,0	0,87	33,0
3,20	25,5	48,0	51,0	2,33	22,0	7,00	7,0	13,5	14,0	2,00	7,0
3,40	25,0	42,5	50,0	2,13	23,0	7,20	17,0	32,0	34,0	2,67	13,0
3,60	22,0	38,0	44,0	2,80	16,0	7,40	200,0	220,0	400,0	----	---
3,80	12,5	33,5	25,0	2,13	12,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

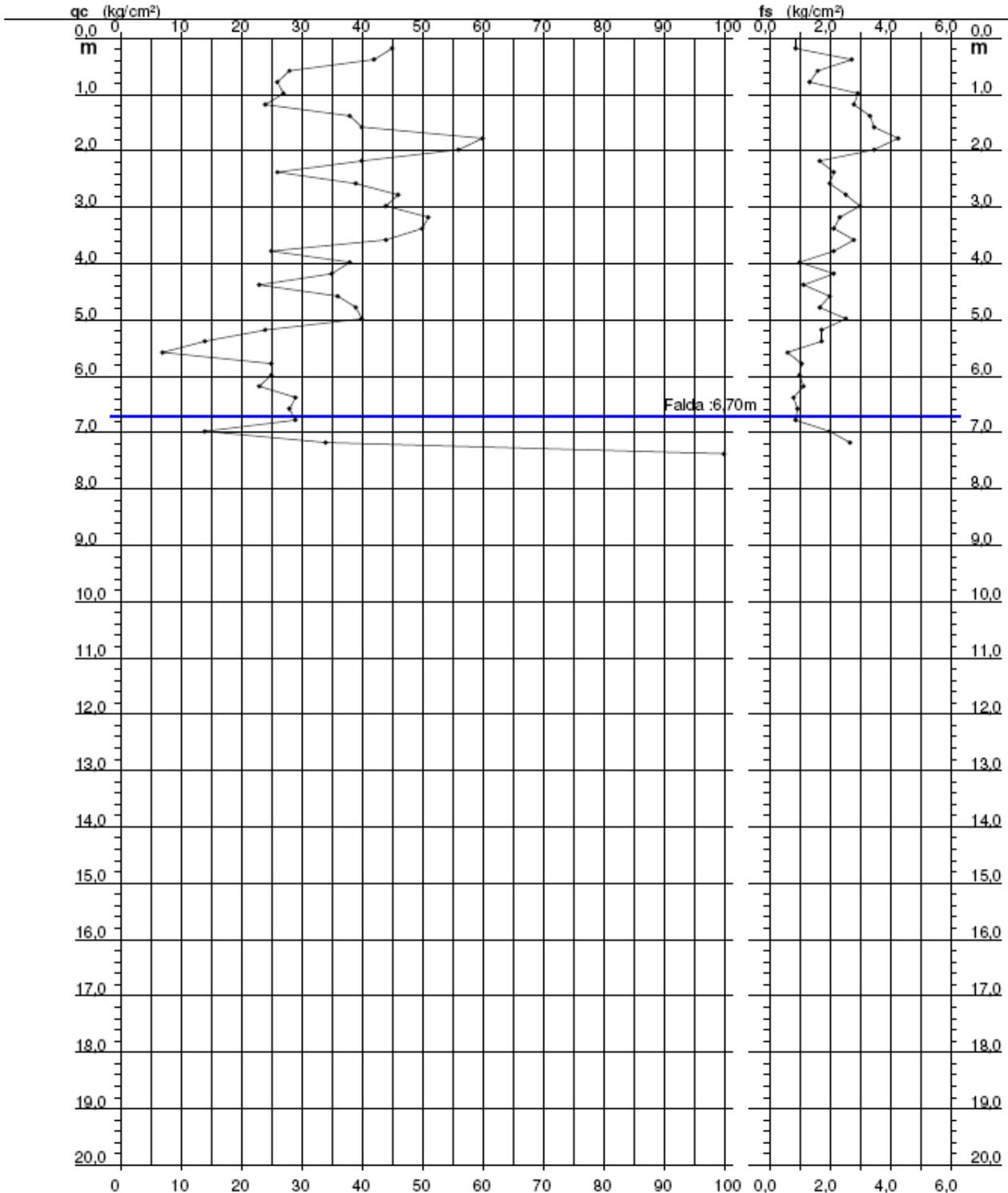
CPT 1

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,70 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

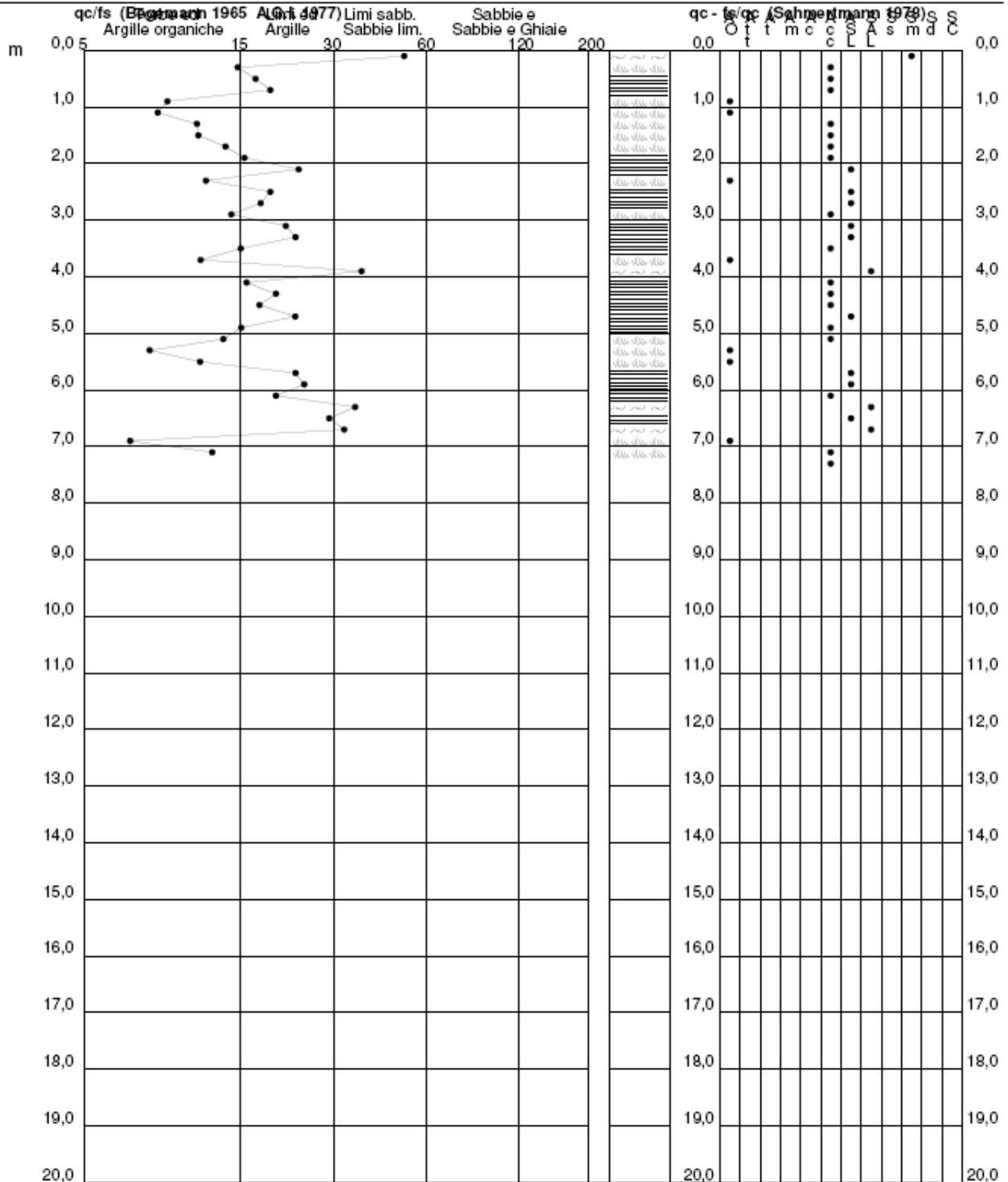
CPT 1

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,70 da quota inizio

- data di emissione : 09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :
- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,70 da quota inizio
- data di emissione : 09/10/2013

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	13,0	----	26,0	0,73	35,0	4,40	7,0	12,0	14,0	0,47	30,0
0,40	17,0	22,5	34,0	0,47	73,0	4,60	8,0	11,5	16,0	0,53	30,0
0,60	19,5	23,0	39,0	2,33	17,0	4,80	7,0	11,0	14,0	0,60	23,0
0,80	17,5	35,0	35,0	1,73	20,0	5,00	4,5	9,0	9,0	0,40	22,0
1,00	10,0	23,0	20,0	1,40	14,0	5,20	4,0	7,0	8,0	0,33	24,0
1,20	10,5	21,0	21,0	1,07	20,0	5,40	4,5	7,0	9,0	0,47	19,0
1,40	14,0	22,0	28,0	1,80	16,0	5,60	4,0	7,5	8,0	0,20	40,0
1,60	11,0	24,5	22,0	2,07	11,0	5,80	5,0	6,5	10,0	0,33	30,0
1,80	11,0	26,5	22,0	2,20	10,0	6,00	4,0	6,5	8,0	0,53	15,0
2,00	12,5	29,0	25,0	2,47	10,0	6,20	4,0	8,0	8,0	0,20	40,0
2,20	17,5	36,0	35,0	3,07	11,0	6,40	4,0	5,5	8,0	0,40	20,0
2,40	14,5	37,5	29,0	1,93	15,0	6,60	3,5	6,5	7,0	0,33	21,0
2,60	16,0	30,5	32,0	1,80	18,0	6,80	5,5	8,0	11,0	0,40	27,0
2,80	11,5	25,0	23,0	1,27	18,0	7,00	3,5	6,5	7,0	0,33	21,0
3,00	10,5	20,0	21,0	1,20	17,0	7,20	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0
3,20	11,0	20,0	22,0	1,13	19,0	7,40	4,0	6,0	8,0	0,40	20,0
3,40	11,5	20,0	23,0	0,93	25,0	7,60	5,0	8,0	10,0	1,20	8,0
3,60	9,0	16,0	18,0	0,87	21,0	7,80	9,0	18,0	18,0	2,40	7,0
3,80	9,5	16,0	19,0	0,73	26,0	8,00	132,0	150,0	264,0	2,67	99,0
4,00	6,0	11,5	12,0	0,60	20,0	8,20	230,0	250,0	460,0	----	---
4,20	7,5	12,0	15,0	0,67	22,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

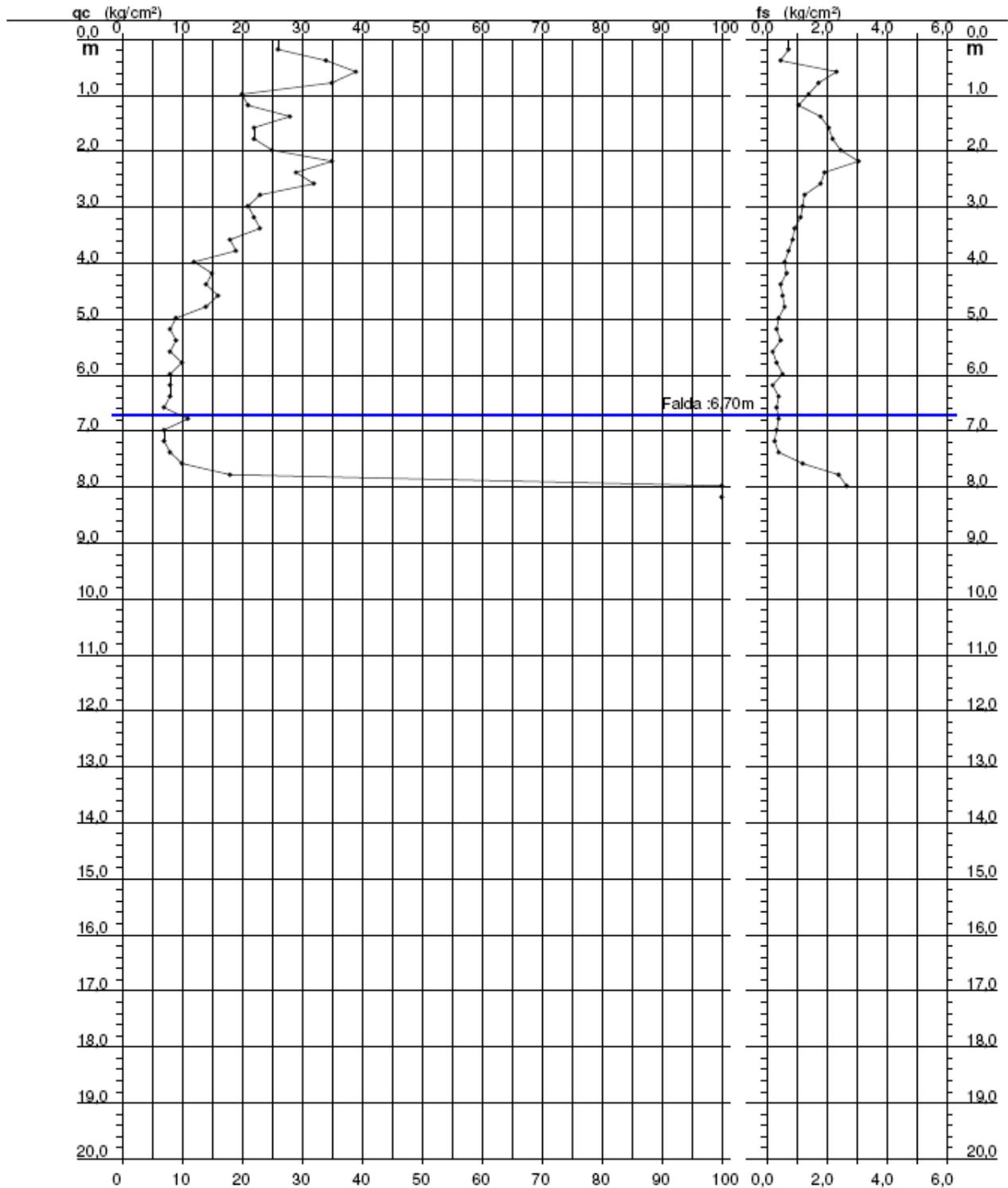
CPT 2

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,70 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

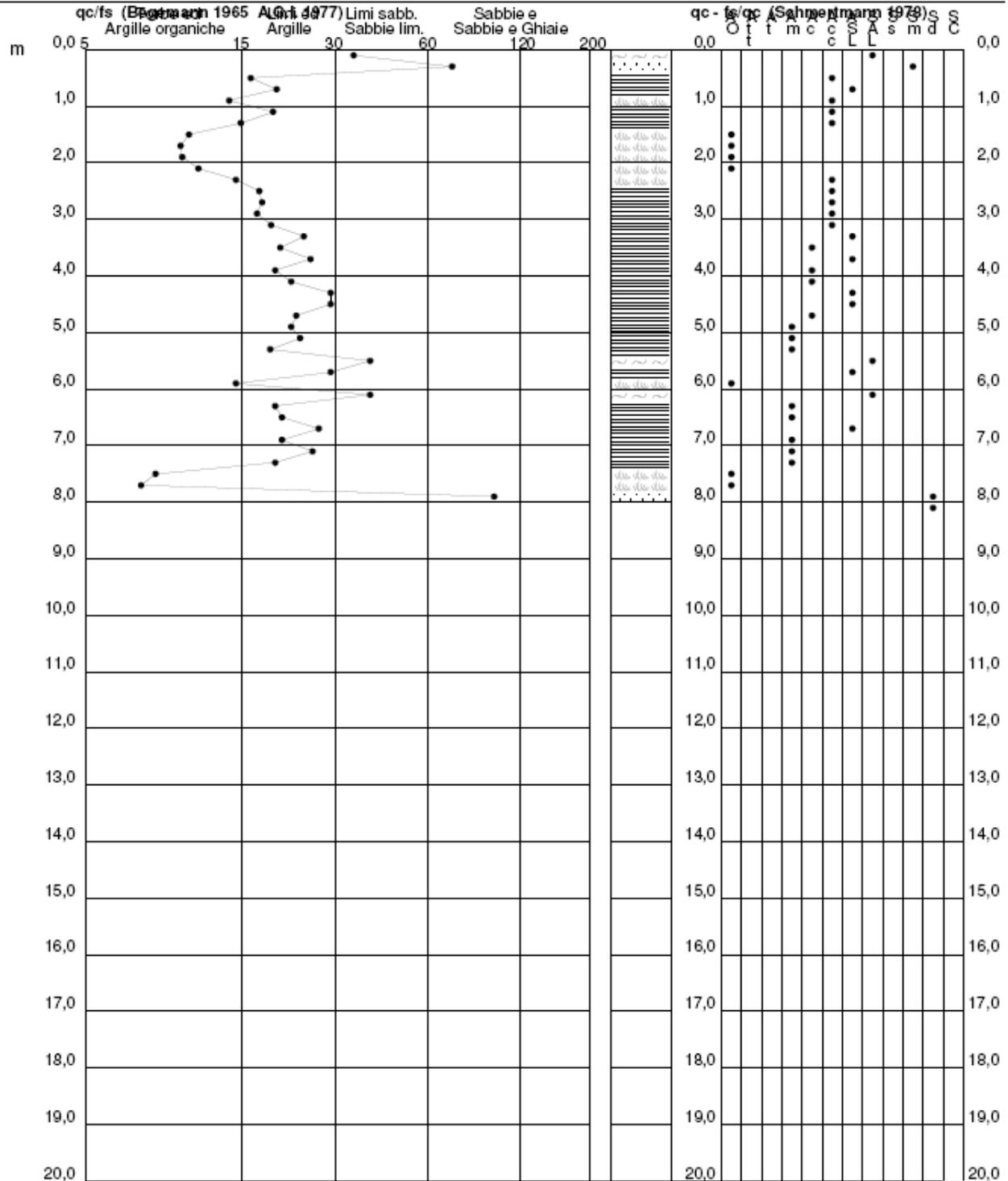
CPT 2

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,70 da quota inizio

- data di emissione : 09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 3

2.0105-016

- committente :	Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli	- data :	25/09/2013
- lavoro :	Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)	- falda :	6,80 da quota inizio
- resp. cantiere :	Chili G.	- data di emissione :	09/10/2013
- assist. cantiere :			

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	20,0	----	40,0	1,60	25,0	5,00	10,0	14,5	20,0	0,93	21,0
0,40	18,0	30,0	36,0	2,13	17,0	5,20	10,0	17,0	20,0	0,93	21,0
0,60	17,0	33,0	34,0	2,40	14,0	5,40	15,0	22,0	30,0	0,73	41,0
0,80	14,0	32,0	28,0	2,27	12,0	5,60	14,0	19,5	28,0	0,67	42,0
1,00	14,5	31,5	29,0	2,53	11,0	5,80	17,0	22,0	34,0	1,27	27,0
1,20	21,0	40,0	42,0	3,07	14,0	6,00	20,0	29,5	40,0	1,07	37,0
1,40	17,5	40,5	35,0	3,47	10,0	6,20	12,0	20,0	24,0	1,40	17,0
1,60	22,0	48,0	44,0	3,53	12,0	6,40	11,0	21,5	22,0	1,13	19,0
1,80	20,5	47,0	41,0	3,40	12,0	6,60	14,5	23,0	29,0	0,80	36,0
2,00	16,0	41,5	32,0	1,80	18,0	6,80	14,0	20,0	28,0	0,87	32,0
2,20	15,0	28,5	30,0	1,60	19,0	7,00	5,5	12,0	11,0	0,53	21,0
2,40	14,0	26,0	28,0	0,93	30,0	7,20	7,0	11,0	14,0	0,87	16,0
2,60	16,5	23,5	33,0	0,87	38,0	7,40	5,5	12,0	11,0	0,60	18,0
2,80	20,5	27,0	41,0	0,67	61,0	7,60	4,5	9,0	9,0	0,27	34,0
3,00	18,5	23,5	37,0	1,00	37,0	7,80	9,0	11,0	18,0	0,73	25,0
3,20	14,5	22,0	29,0	0,93	31,0	8,00	4,5	10,0	9,0	0,53	17,0
3,40	11,5	18,5	23,0	0,60	38,0	8,20	7,5	11,5	15,0	0,73	20,0
3,60	9,5	14,0	19,0	0,87	22,0	8,40	7,0	12,5	14,0	0,67	21,0
3,80	9,5	16,0	19,0	0,67	28,0	8,60	8,0	13,0	16,0	0,93	17,0
4,00	7,5	12,5	15,0	0,27	56,0	8,80	7,0	14,0	14,0	1,33	10,0
4,20	15,0	17,0	30,0	0,60	50,0	9,00	76,0	86,0	152,0	1,33	114,0
4,40	7,0	11,5	14,0	0,53	26,0	9,20	72,0	82,0	144,0	1,47	98,0
4,60	7,5	11,5	15,0	0,67	22,0	9,40	82,0	93,0	164,0	2,67	61,0
4,80	9,0	14,0	18,0	0,60	30,0	9,60	200,0	220,0	400,0	----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35,7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

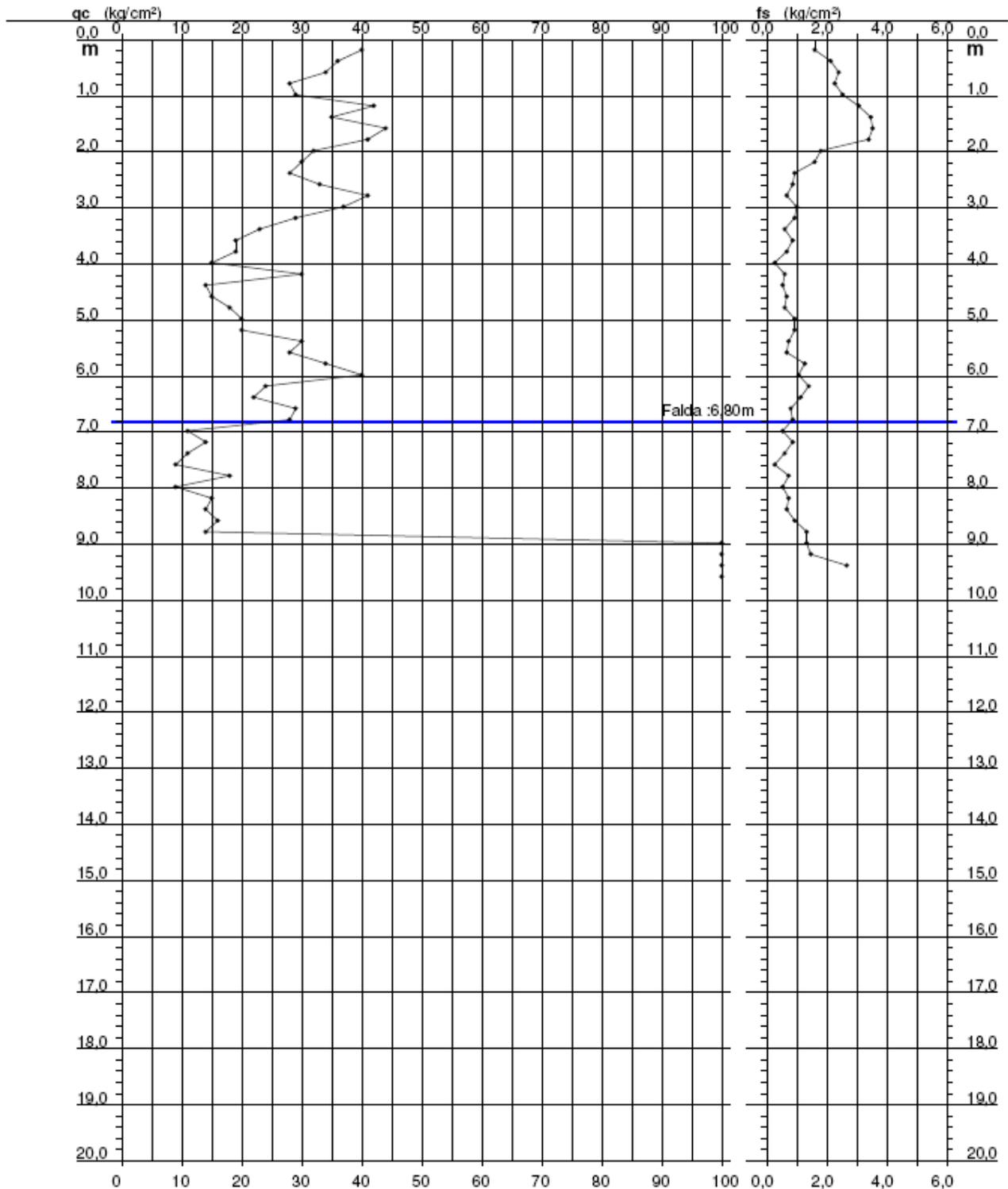
CPT 3

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,80 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

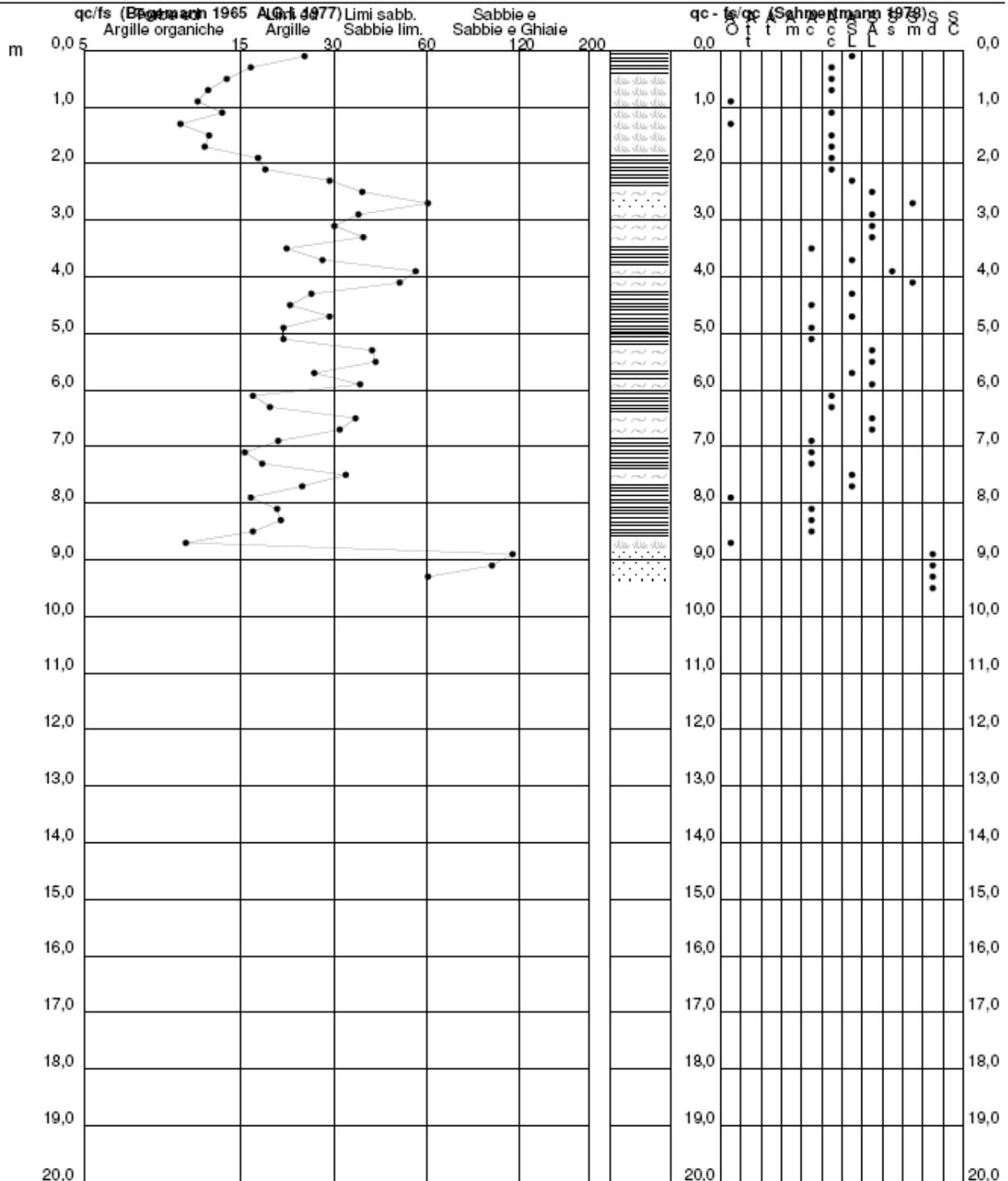
CPT 3

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,80 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 4

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :
- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio
- data di emissione : 09/10/2013

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	15,0	---	30,0	1,07	28,0	3,60	7,0	11,0	14,0	0,27	52,0
0,40	13,0	21,0	26,0	1,80	14,0	3,80	9,5	11,5	19,0	0,53	36,0
0,60	8,0	21,5	16,0	0,73	22,0	4,00	7,5	11,5	15,0	0,13	112,0
0,80	7,5	13,0	15,0	1,67	9,0	4,20	6,0	7,0	12,0	0,53	22,0
1,00	9,5	22,0	19,0	1,60	12,0	4,40	3,0	7,0	6,0	0,33	18,0
1,20	9,0	21,0	18,0	2,40	7,0	4,60	4,0	6,5	8,0	0,40	20,0
1,40	10,0	28,0	20,0	2,27	9,0	4,80	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0
1,60	13,0	30,0	26,0	2,40	11,0	5,00	2,5	5,5	5,0	0,93	5,0
1,80	15,0	33,0	30,0	2,07	15,0	5,20	4,0	11,0	8,0	0,13	60,0
2,00	14,5	30,0	29,0	2,00	14,0	5,40	13,5	14,5	27,0	0,60	45,0
2,20	13,0	28,0	26,0	1,33	19,0	5,60	4,5	9,0	9,0	0,53	17,0
2,40	13,0	23,0	26,0	1,33	19,0	5,80	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0
2,60	11,0	21,0	22,0	1,07	21,0	6,00	7,5	12,5	15,0	0,47	32,0
2,80	15,0	23,0	30,0	0,93	32,0	6,20	4,0	7,5	8,0	0,33	24,0
3,00	12,0	19,0	24,0	0,73	33,0	6,40	16,0	18,5	32,0	5,33	6,0
3,20	7,5	13,0	15,0	0,47	32,0	6,60	103,0	143,0	206,0	4,00	52,0
3,40	10,0	13,5	20,0	0,53	37,0	6,80	200,0	230,0	400,0	----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

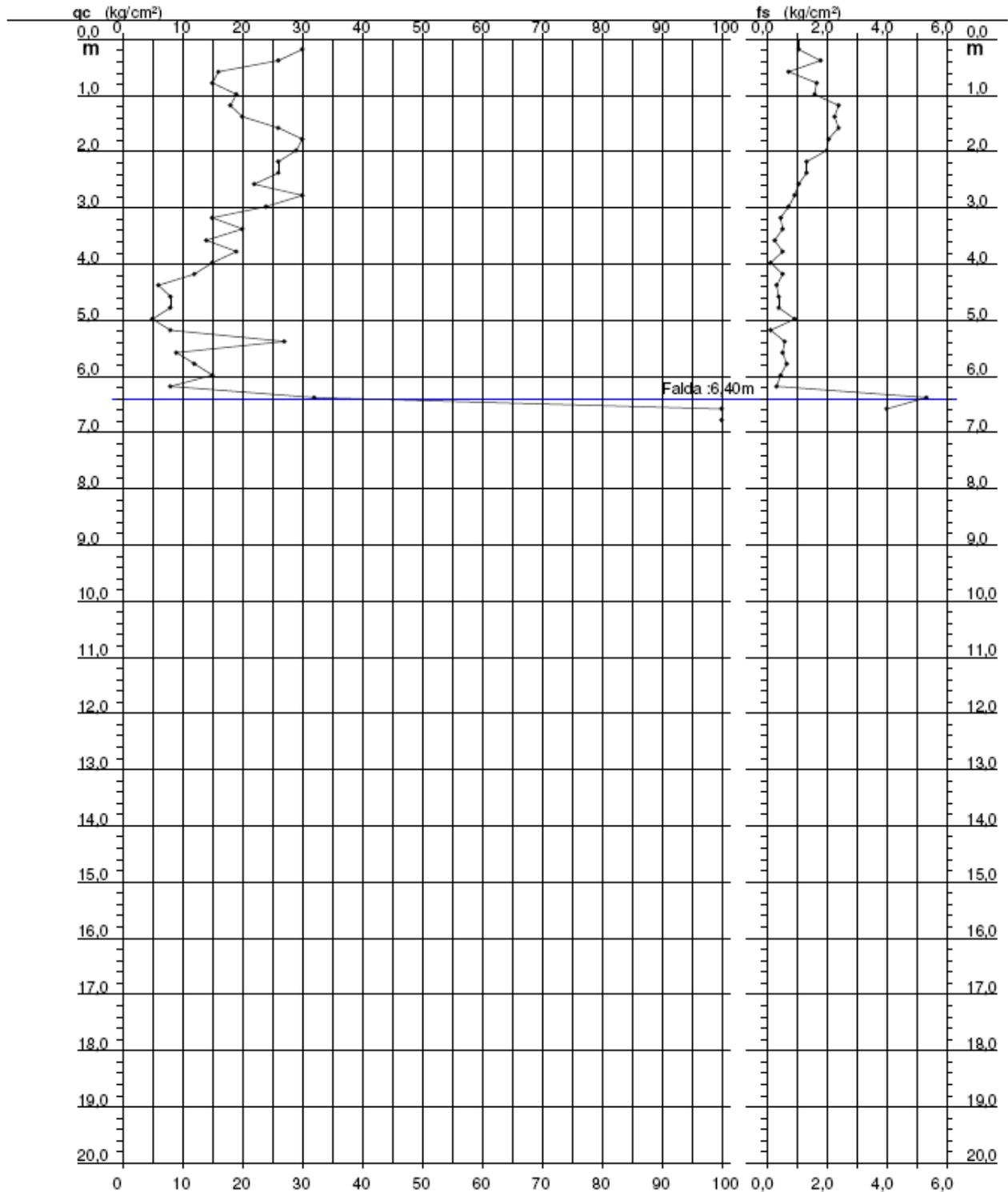
CPT 4

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

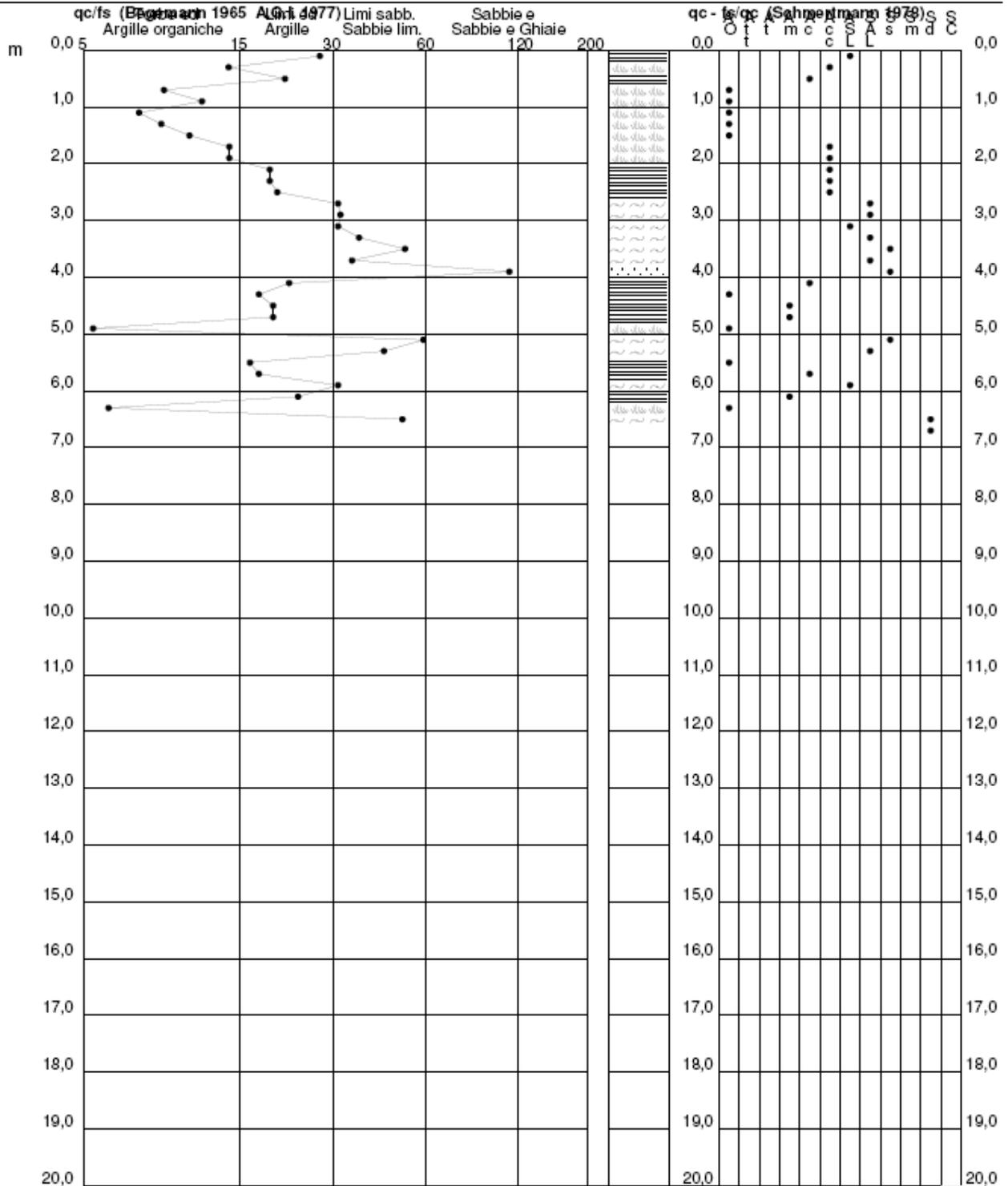
CPT 4

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 5

2.0105-016

- committente :	Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli	- data :	25/09/2013
- lavoro :	Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)	- falda :	7,40 da quota inizio
- resp. cantiere :	Chili G.	- data di emissione :	09/10/2013
- assist. cantiere :			

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	----	---	4,20	7,0	9,5	14,0	0,67	21,0
0,40	----	----	--	----	---	4,40	6,0	11,0	12,0	0,47	26,0
0,60	----	----	--	----	---	4,60	5,0	8,5	10,0	0,47	21,0
0,80	----	----	--	----	---	4,80	4,0	7,5	8,0	0,73	11,0
1,00	----	----	--	1,73	---	5,00	4,0	9,5	8,0	0,13	60,0
1,20	6,5	19,5	13,0	1,60	8,0	5,20	9,5	10,5	19,0	0,47	41,0
1,40	7,5	19,5	15,0	1,33	11,0	5,40	6,5	10,0	13,0	0,27	49,0
1,60	8,0	18,0	16,0	1,60	10,0	5,60	3,0	5,0	6,0	0,07	90,0
1,80	11,0	23,0	22,0	1,53	14,0	5,80	5,0	5,5	10,0	0,40	25,0
2,00	12,5	24,0	25,0	1,80	14,0	6,00	4,0	7,0	8,0	0,20	40,0
2,20	13,0	26,5	26,0	1,60	16,0	6,20	4,0	5,5	8,0	0,40	20,0
2,40	11,5	23,5	23,0	1,53	15,0	6,40	5,5	8,5	11,0	0,07	165,0
2,60	10,5	22,0	21,0	1,27	17,0	6,60	5,5	6,0	11,0	0,20	55,0
2,80	12,5	22,0	25,0	1,07	23,0	6,80	10,0	11,5	20,0	0,20	100,0
3,00	12,0	20,0	24,0	1,33	18,0	7,00	4,5	6,0	9,0	0,27	34,0
3,20	8,0	18,0	16,0	0,73	22,0	7,20	3,5	5,5	7,0	0,93	7,0
3,40	5,5	11,0	11,0	0,73	15,0	7,40	6,0	13,0	12,0	2,67	4,0
3,60	7,5	13,0	15,0	0,60	25,0	7,60	120,0	140,0	240,0	2,67	90,0
3,80	5,5	10,0	11,0	0,60	18,0	7,80	200,0	220,0	400,0	----	---
4,00	6,5	11,0	13,0	0,33	39,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

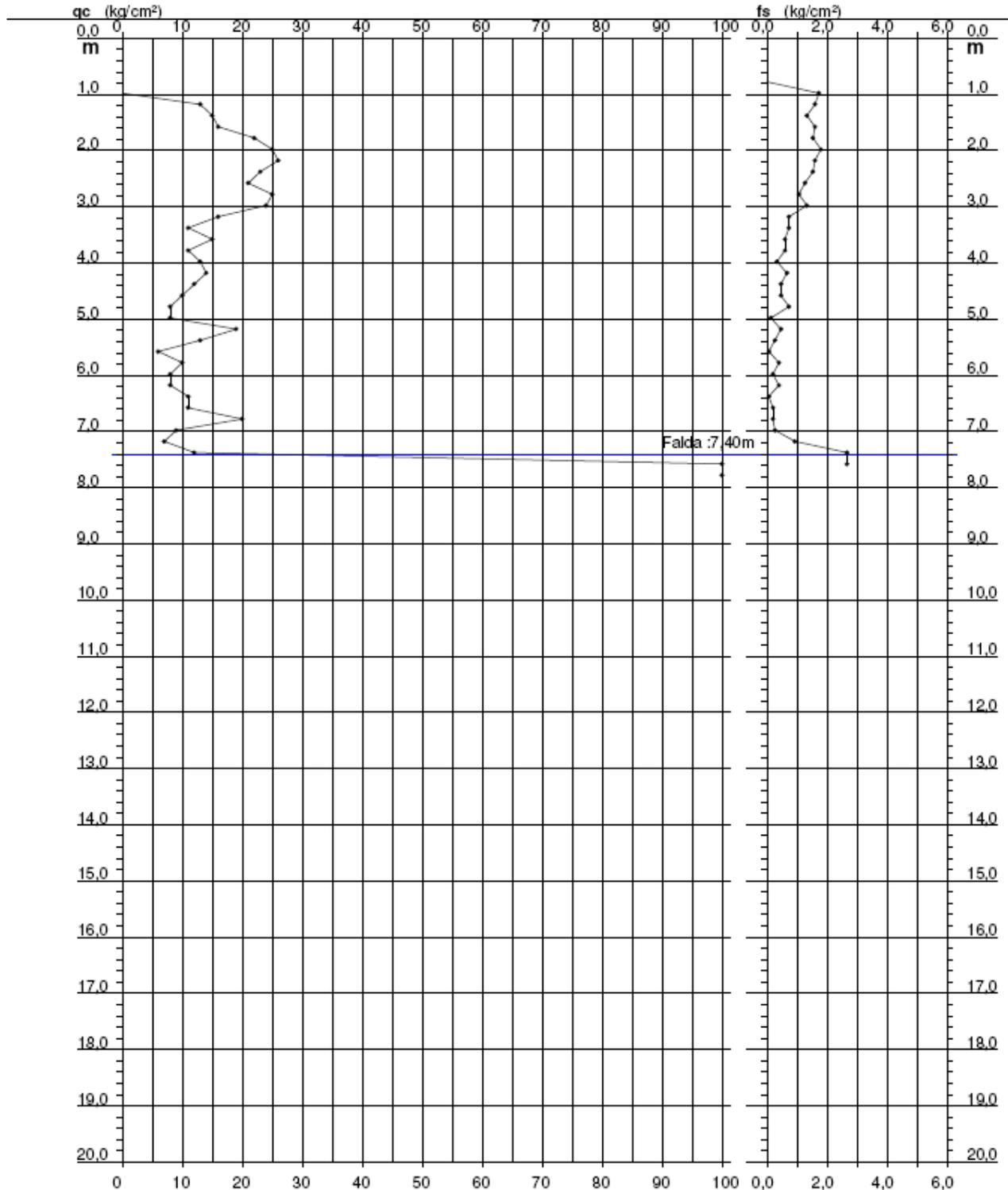
CPT 5

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 7,40 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

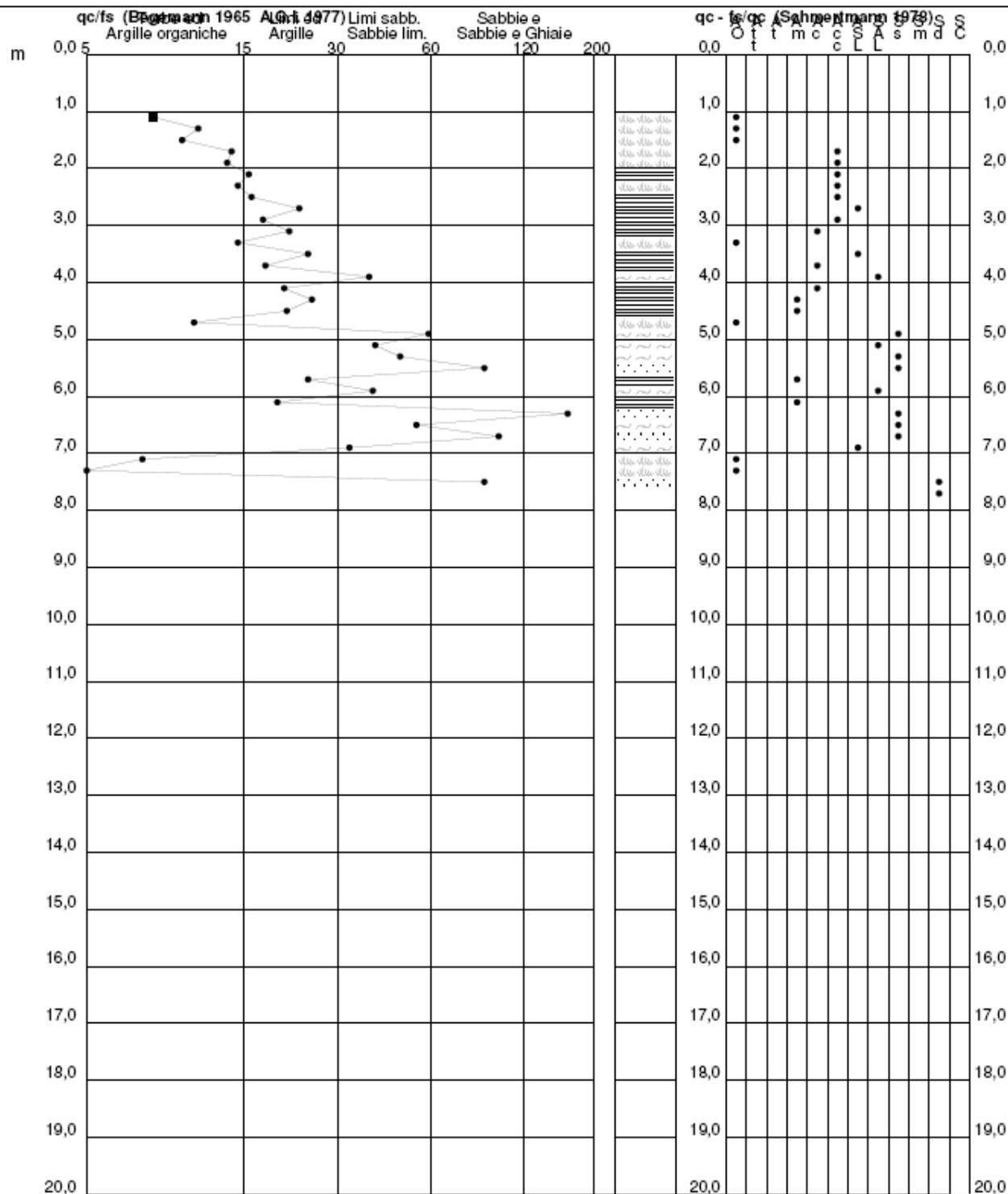
CPT 5

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 7,40 da quota inizio

- data di emissione : 09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 6

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :
- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 7,00 da quota inizio
- data di emissione : 09/10/2013

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	----	---	3,80	7,5	15,5	15,0	0,60	25,0
0,40	----	----	--	----	---	4,00	6,5	11,0	13,0	0,47	28,0
0,60	----	----	--	----	---	4,20	5,0	8,5	10,0	0,40	25,0
0,80	----	----	--	----	---	4,40	5,0	8,0	10,0	0,47	21,0
1,00	----	----	--	----	---	4,60	4,5	8,0	9,0	0,40	22,0
1,20	9,0	----	18,0	1,07	17,0	4,80	6,0	9,0	12,0	0,40	30,0
1,40	5,0	13,0	10,0	1,80	6,0	5,00	5,0	8,0	10,0	0,33	30,0
1,60	10,0	23,5	20,0	1,67	12,0	5,20	6,5	9,0	13,0	0,53	24,0
1,80	11,0	23,5	22,0	1,60	14,0	5,40	4,0	8,0	8,0	0,27	30,0
2,00	8,0	20,0	16,0	1,40	11,0	5,60	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0
2,20	8,5	19,0	17,0	0,67	25,0	5,80	5,5	7,5	11,0	0,47	24,0
2,40	14,0	19,0	28,0	1,60	17,0	6,00	6,5	10,0	13,0	0,40	32,0
2,60	12,0	24,0	24,0	2,40	10,0	6,20	10,0	13,0	20,0	0,27	75,0
2,80	10,0	28,0	20,0	1,87	11,0	6,40	23,0	25,0	46,0	0,67	69,0
3,00	5,0	19,0	10,0	0,67	15,0	6,60	16,0	21,0	32,0	1,13	28,0
3,20	11,0	16,0	22,0	0,87	25,0	6,80	12,5	21,0	25,0	1,47	17,0
3,40	7,5	14,0	15,0	0,87	17,0	7,00	184,0	195,0	368,0	4,00	92,0
3,60	8,0	14,5	16,0	1,07	15,0	7,20	220,0	250,0	440,0	----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

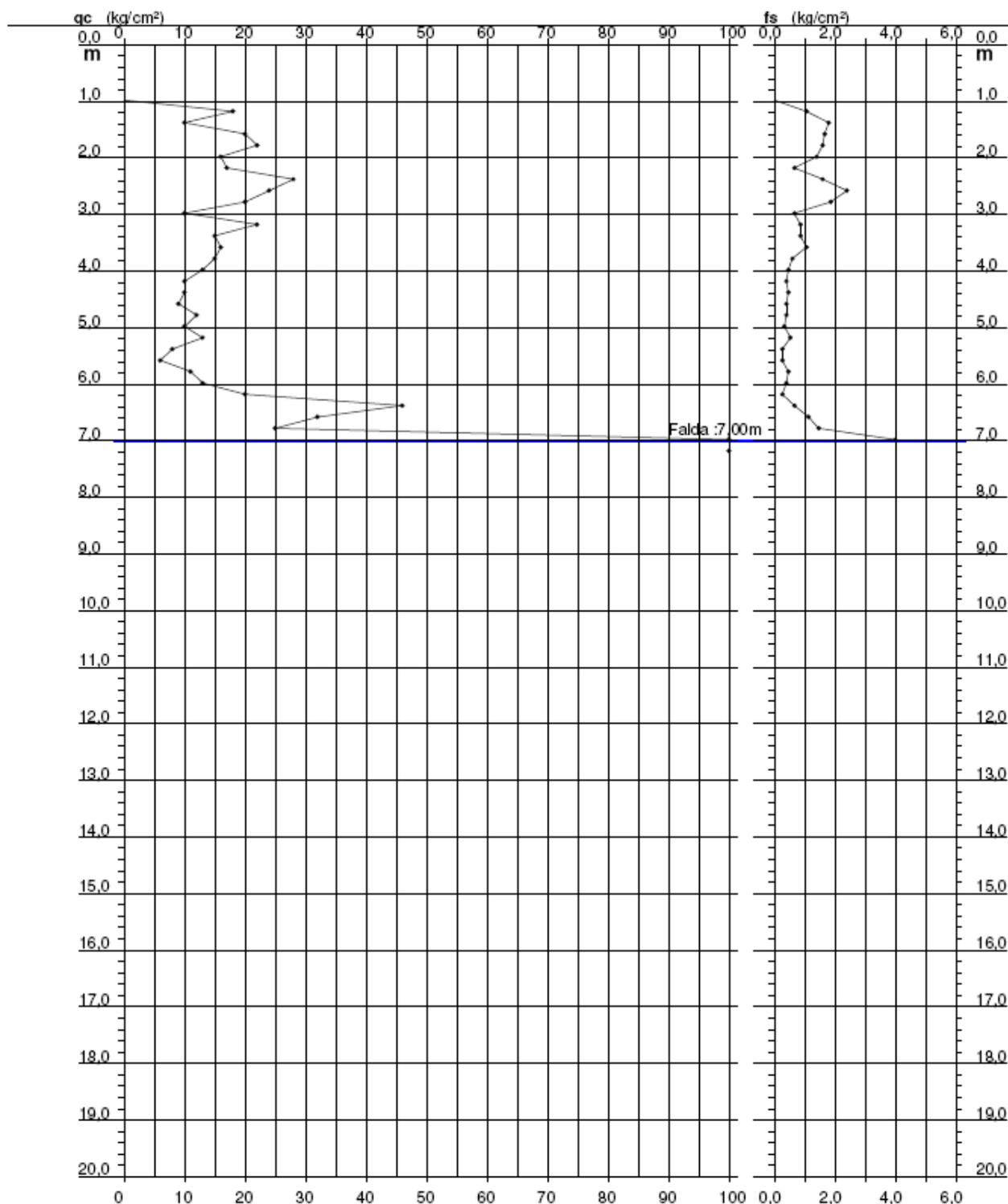
CPT 6

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 7,00 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

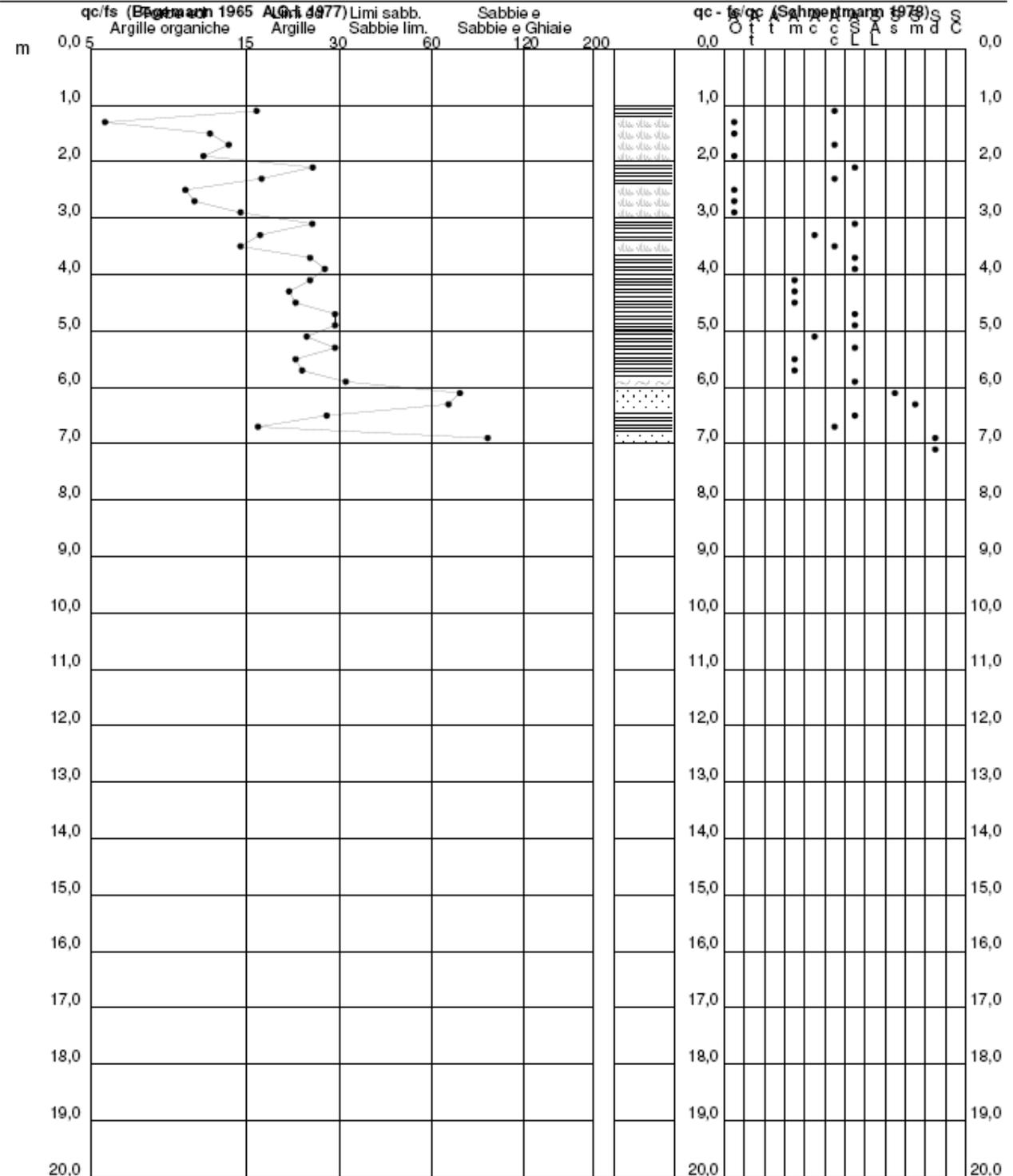
CPT 6

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 7,00 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 7

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :
- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,80 da quota inizio
- data di emissione : 09/10/2013

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	----	---	4,00	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0
0,40	----	----	--	----	---	4,20	6,0	11,0	12,0	0,60	20,0
0,60	----	----	--	----	---	4,40	6,5	11,0	13,0	0,53	24,0
0,80	20,0	----	40,0	1,47	27,0	4,60	7,0	11,0	14,0	0,60	23,0
1,00	29,0	40,0	58,0	2,33	25,0	4,80	7,0	11,5	14,0	0,87	16,0
1,20	22,0	39,5	44,0	2,60	17,0	5,00	5,0	11,5	10,0	0,67	15,0
1,40	22,0	41,5	44,0	2,13	21,0	5,20	7,5	12,5	15,0	0,47	32,0
1,60	20,0	36,0	40,0	2,53	16,0	5,40	7,5	11,0	15,0	0,40	37,0
1,80	15,0	34,0	30,0	1,87	16,0	5,60	8,0	11,0	16,0	0,80	20,0
2,00	12,5	26,5	25,0	0,67	37,0	5,80	9,0	15,0	18,0	0,47	39,0
2,20	20,0	25,0	40,0	2,40	17,0	6,00	5,5	9,0	11,0	0,80	14,0
2,40	20,0	38,0	40,0	2,00	20,0	6,20	6,0	12,0	12,0	0,80	15,0
2,60	13,0	28,0	26,0	1,07	24,0	6,40	9,0	15,0	18,0	0,33	54,0
2,80	12,0	20,0	24,0	1,33	18,0	6,60	12,5	15,0	25,0	0,20	125,0
3,00	12,0	22,0	24,0	1,07	22,0	6,80	15,5	17,0	31,0	0,93	33,0
3,20	8,0	16,0	16,0	1,33	12,0	7,00	17,0	24,0	34,0	0,40	85,0
3,40	12,0	22,0	24,0	0,73	33,0	7,20	22,0	25,0	44,0	2,67	16,0
3,60	9,5	15,0	19,0	0,87	22,0	7,40	150,0	170,0	300,0	2,67	112,0
3,80	10,0	16,5	20,0	0,53	37,0	7,60	200,0	220,0	400,0	----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

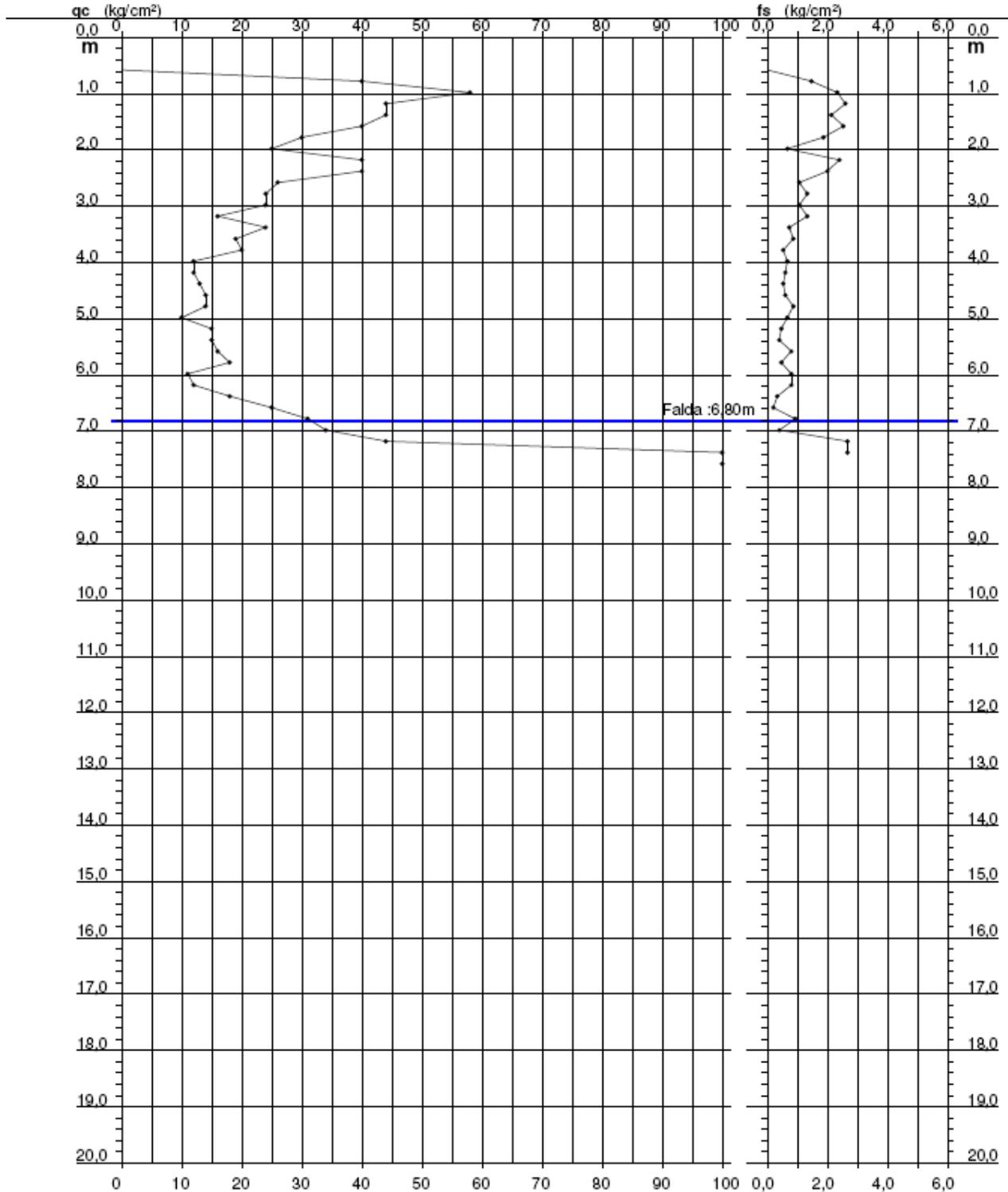
CPT 7

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,80 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

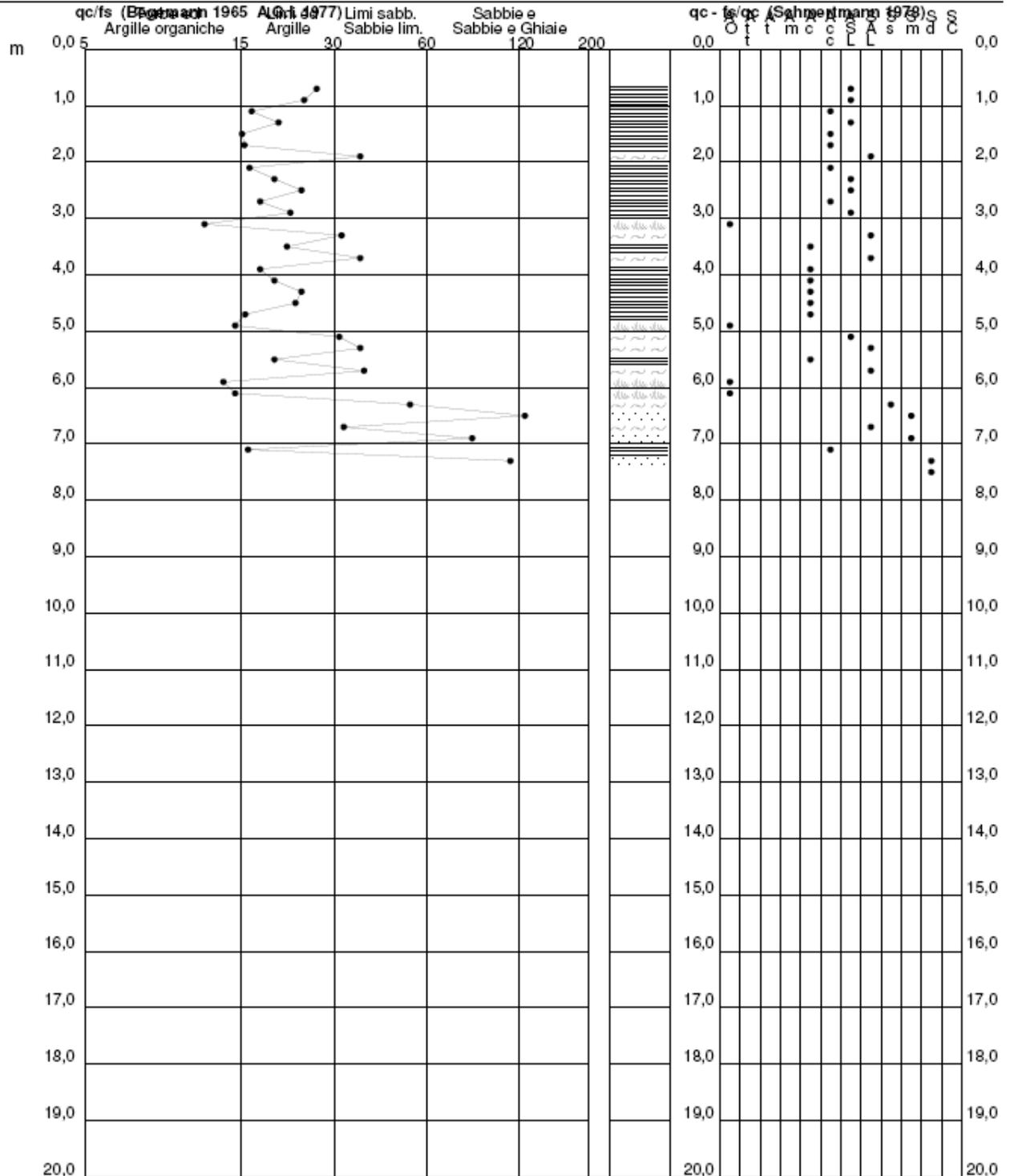
CPT 7

2.0105-016

- committente : Compagnia Finanziaria Investimenti srl, Roda Metalli
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo - Bargellino 1
- località : Via Caduti di Ustica - Calderara di Reno (BO)
- resp. cantiere : Chili G.
- assist. cantiere :

- data : 25/09/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,80 da quota inizio

- data di emissione :
09/10/2013



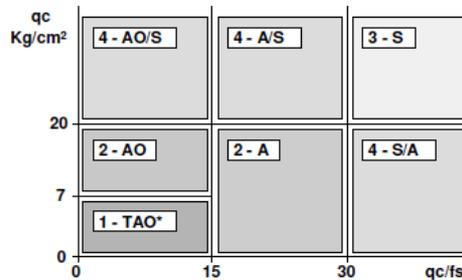
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

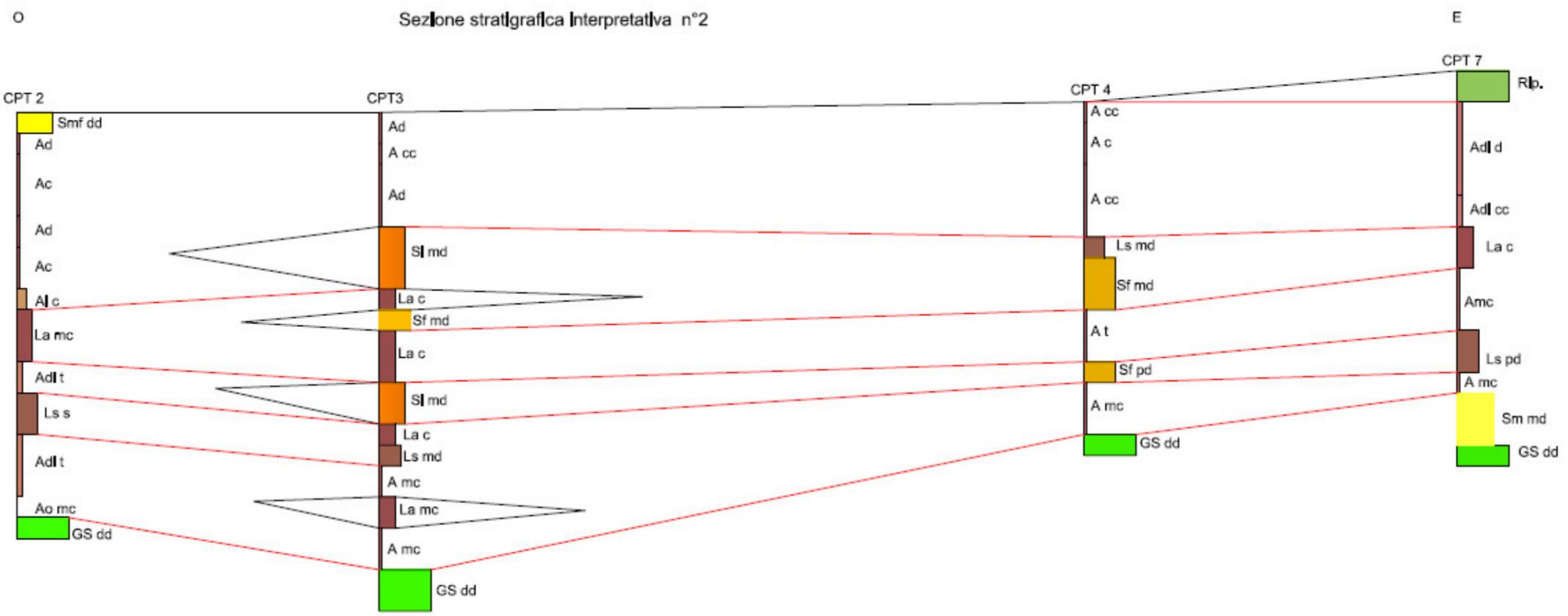
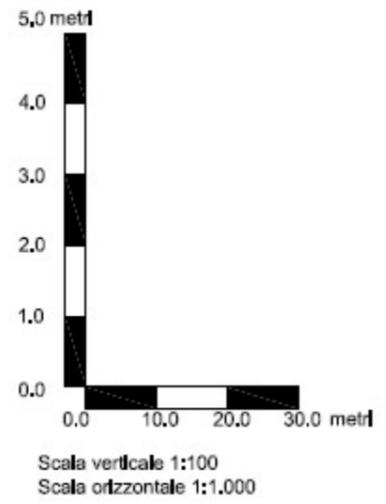
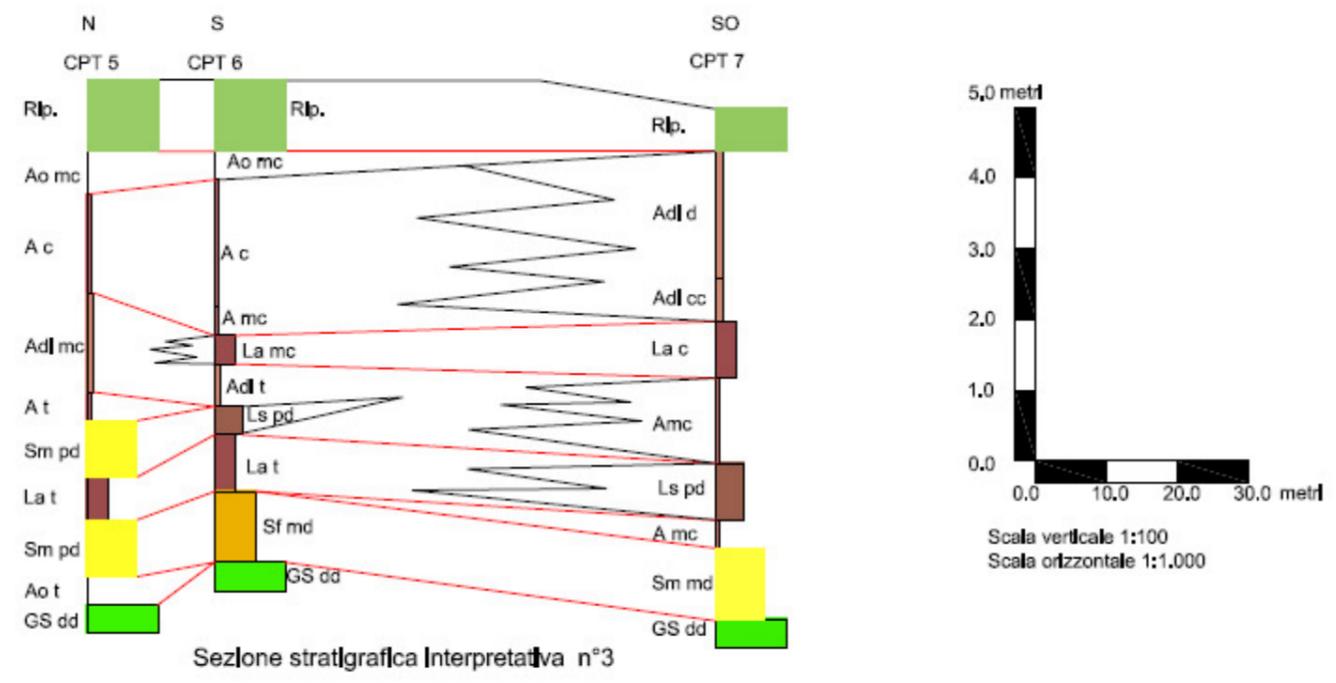
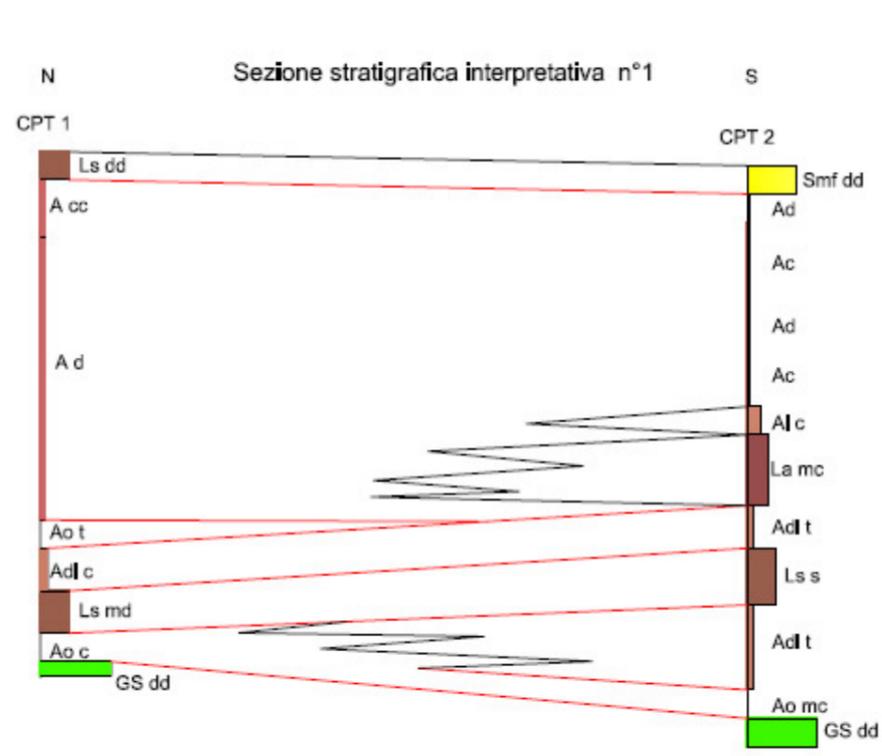
- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = indice plastico]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto uniforme
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose

Allegato 2

Sezioni Stratigrafiche Interpretative



- Legenda**
- Terreni coesivi**
- Ao Argilla organica
 - A Argilla
 - Adl Argilla debolmente limosa
 - Al Argilla limosa
 - La Limo argilloso
- Varie terreni coesivi**
- t tenera
 - mc mediamente consistente
 - c consistente
 - cc molto consistente
 - d dura
- Terreni Granulari**
- Ls Limo sabbioso
 - Sf Sabbia limosa
 - Sf Sabbia fine
 - Sm Sabbia media
 - GS Ghiaia e sabbia
 - Rlp. Riporto antropico
- Varie terreni granulari**
- s sciolto
 - pd poco denso
 - mc mediamente denso
 - d denso
 - dd molto denso

Allegato 3

Indagine Geofisica ReMI

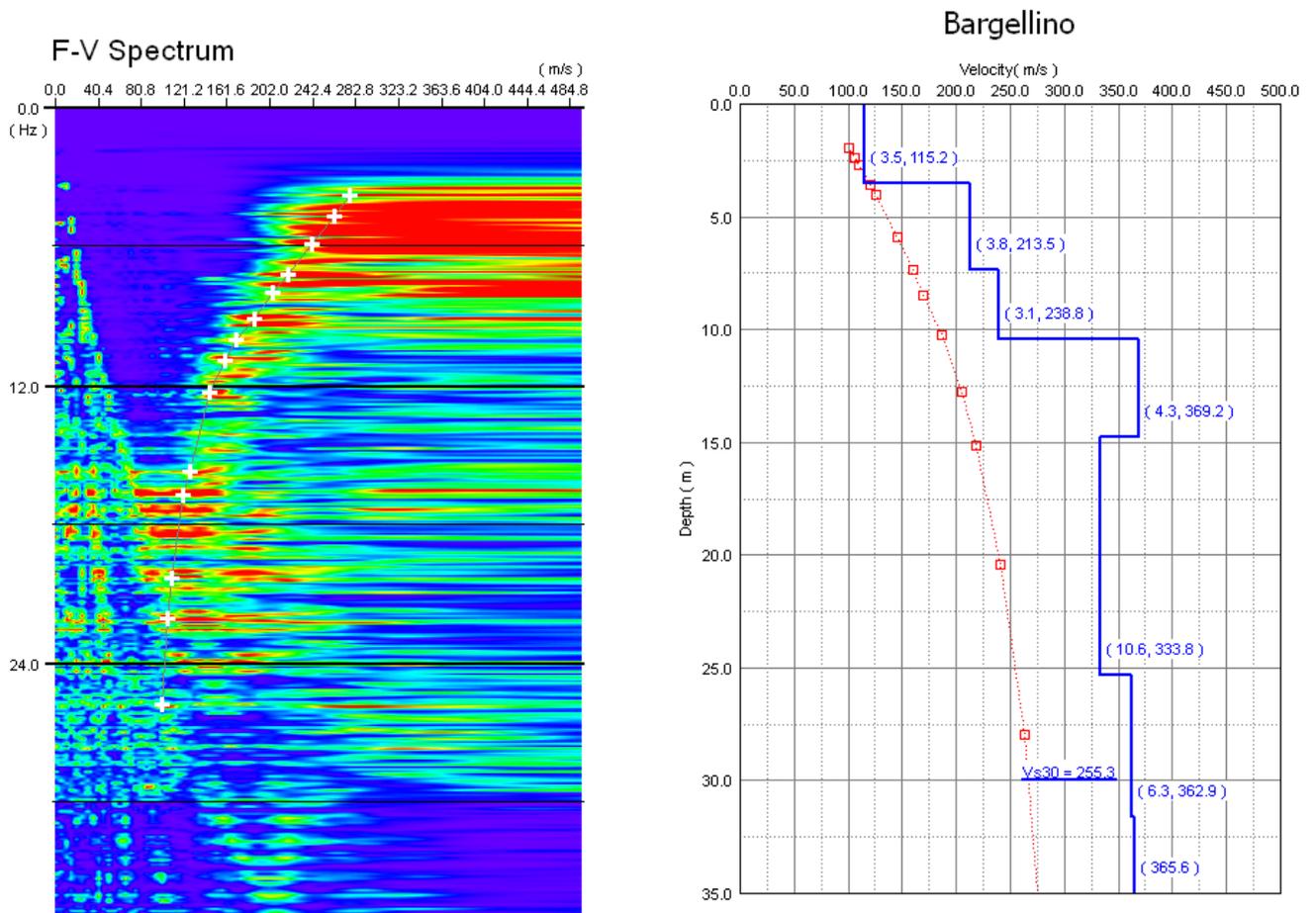
REMI PUA Bargellino 1 – Via Caduti di Ustica Calderara di Reno BO]

Tabella riassuntiva dei parametri relativi al modello di sottosuolo ottenuto

n. strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore strato (m)	Velocità onde S (m/s)
1	3.5	3.5	115
2	7.3	3.8	214
3	10.4	3.1	239
4	14.7	4.3	369
5	25.3	10.6	334
6	31.6	6.3	363
7	35.0	3.4	366

$V_{S30} = 255 \text{ m/s}$ da piano campagna

$V_{S30} = 270 \text{ m/s}$ da -2m dal p.c. → CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C



Picking della curva sperimentale delle onde R (croci bianche).

Modello discreto di sottosuolo (1D) descritto in termini di V_s e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (D.M. 14-01-2008, NTC 2008)

A partire dal modello sismico monodimensionale sopra riportato, è possibile calcolare il valore del parametro V_{s30} , che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_s). Per il calcolo del V_{s30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i} \quad [\text{m/s}]$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (in m/s) dello strato i -esimo, per un totale di n strati presenti nei 30 m soprastanti. Utilizzando la formula sopra riportata ed eseguendo il calcolo per diverse quote fondali, si ottengono i seguenti valori:

V_{s30} :

$$V_{s30}(0.0-30.0\text{m}) = 255 \pm 20 \text{ m/s}$$

$$V_{s30}(2.0-32.0\text{m}) = 270 \pm 20 \text{ m/s}$$

Si tenga in considerazione che, per sua natura, dall'indagine ReMi si ricostruisce un modello di sottosuolo monodimensionale "medio" (affetto da errore relativo) dell'intero volume investigato. Sulla base di tale considerazione ed alla luce del valore del V_{s30} calcolato, si associa al sito in esame la categoria di sottosuolo di fondazione "C" ai sensi del D.M. 14-01-2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni): "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)*".

Allegato 4

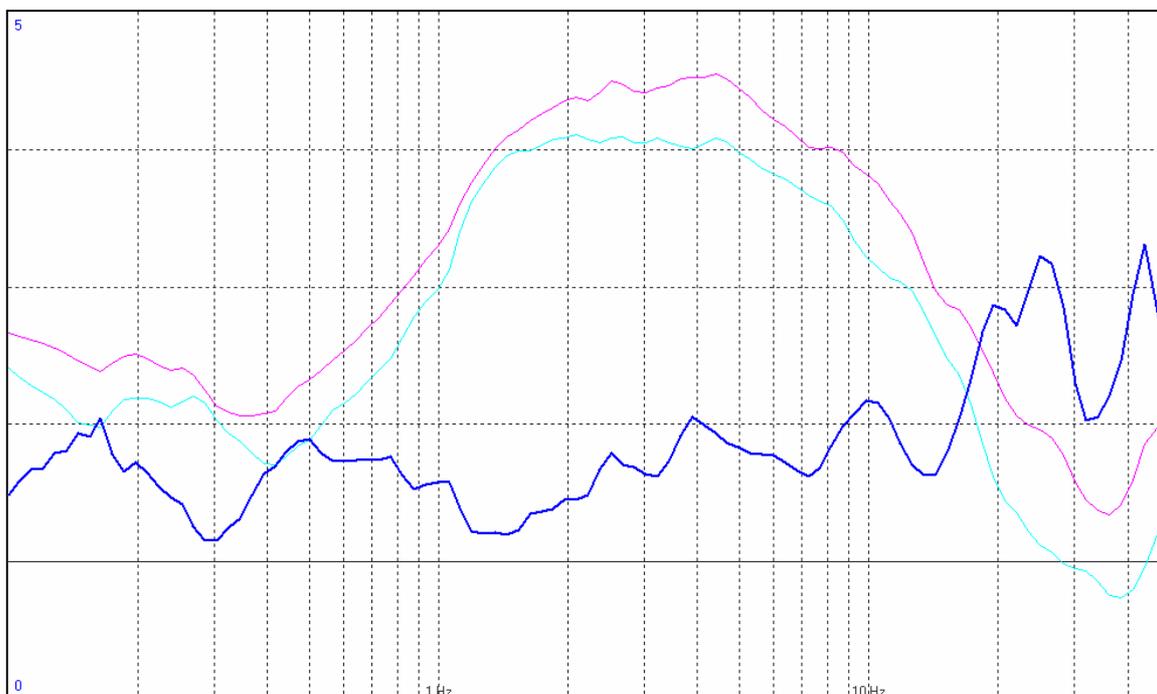
Indagine Geofisica HVSR

INDAGINE SISMICA MEDIANTE TECNICA HVSR (LOC. BARGELLINO)

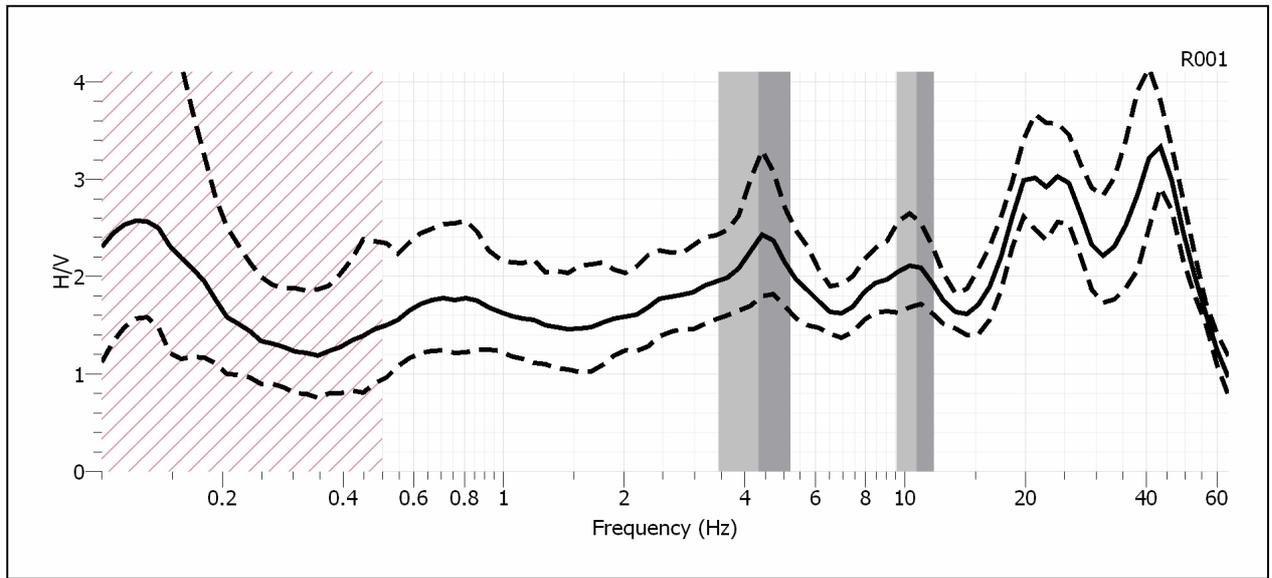
SI ESEGUE UNA STIMA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA TIPICHE DEL SOTTOSUOLO
INVESTIGATO MEDIANTE TECNICA HVSR

BARGELLINO 1

COMPONENTI SPETTRALI SINGOLE E CURVA HV (IN BLU)



PICCHI MAX CURVA H/V A 4.66 Hz, 10.62 Hz E $F_r < 1$ Hz

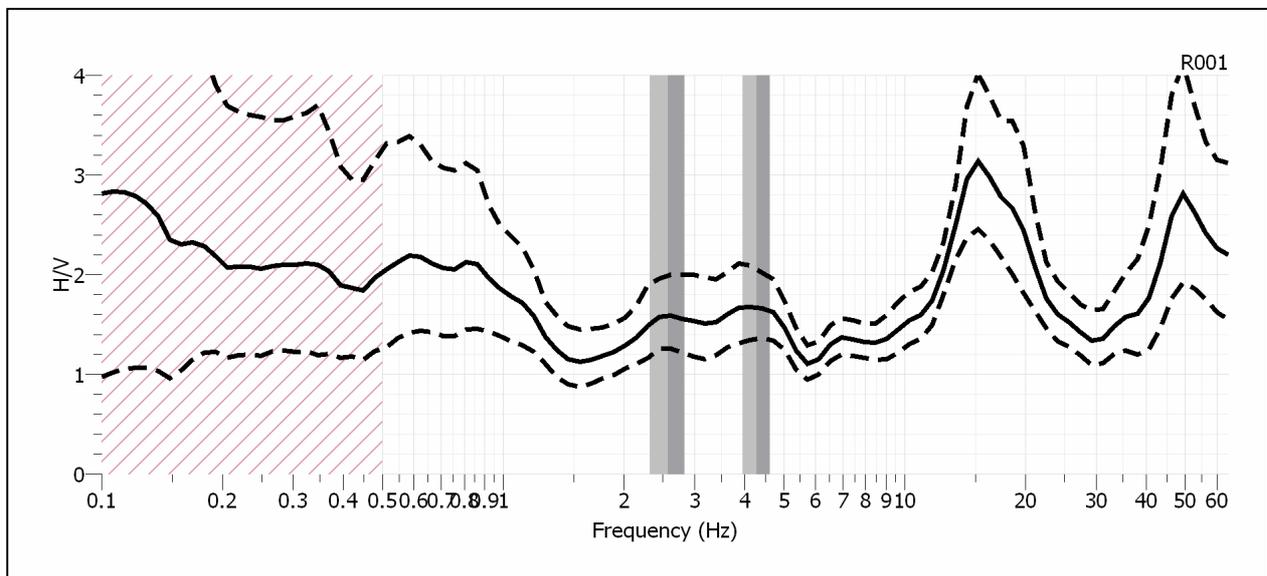


BARGELLINO 2

COMPONENTI SPETTRALI SINGOLE E CURVA HV (IN BLU)

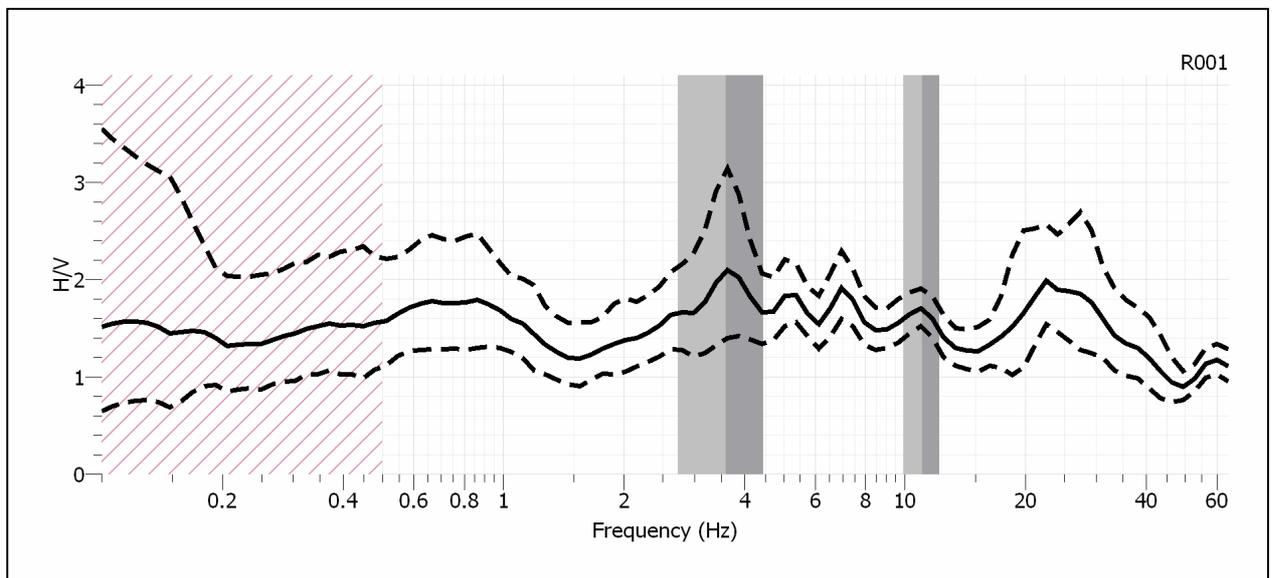
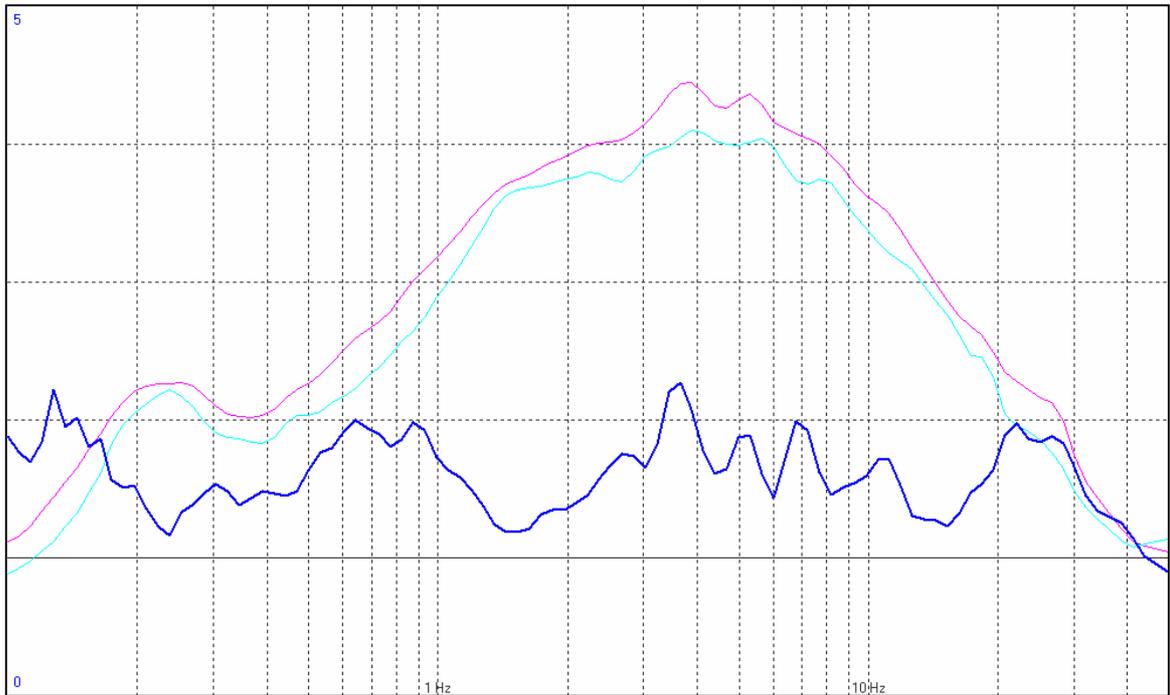


PICCHI MAX CURVA H/V A Fr < 1Hz E TRA [2.56 ÷ 4.33] Hz



BARGELLINO 3

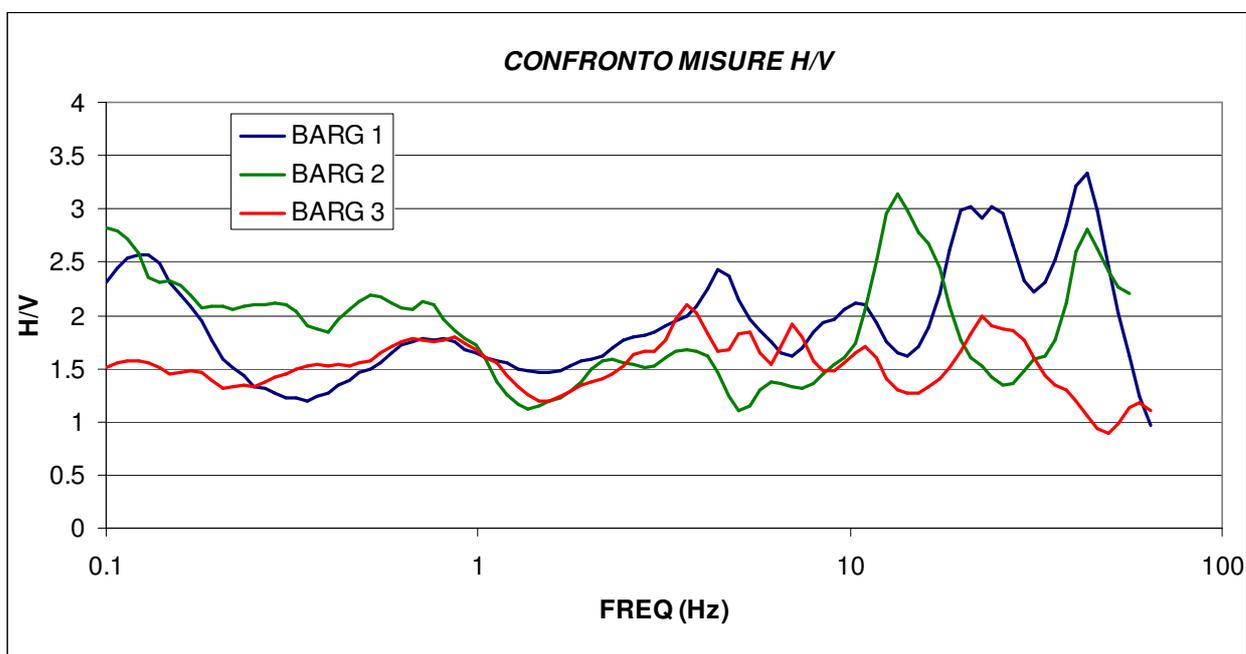
COMPONENTI SPETTRALI SINGOLE E CURVA HV (IN BLU)



PICCHI MAX CURVA H/V TRA [3.60 ÷ 11.00] Hz E Fr < 1 Hz

CONFRONTO FRA LE TRE MISURE HVSR ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

Nella banda d'interesse ingegneristico per le possibili interazioni sottosuolo-struttura dovute ad effetti di doppia risonanza, le misure HVSR condotte mostrano alcuni modi vibrazionali del sottosuolo investigato. In generale per l'area di studio, si individuano un blando picco H/V per frequenze inferiori ad 1 Hz, una coalescenza di picchi più significativi in termini di rapporto H/V (di poco superiore a 2) nella banda di frequenza tra 3.6 e 10.6 Hz circa. Si rilevano inoltre alcuni picchi elevati ($H/V > 3$) per frequenze superiori a 15Hz circa. Per una stima indicativa delle frequenze tipiche delle strutture di progetto si può fare riferimento ad abachi semplificati (es. Masi et al.) o più speditivamente alla nota formula $[F= 10 \pm 12 / n^{\circ} \text{piani}]$ da confrontare con le evidenze misurate nel sottosuolo.



Allegato 5

Spettri di risposta sismica

Livello 2

Individuazione dell'area

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

media ponderata

Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_w info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

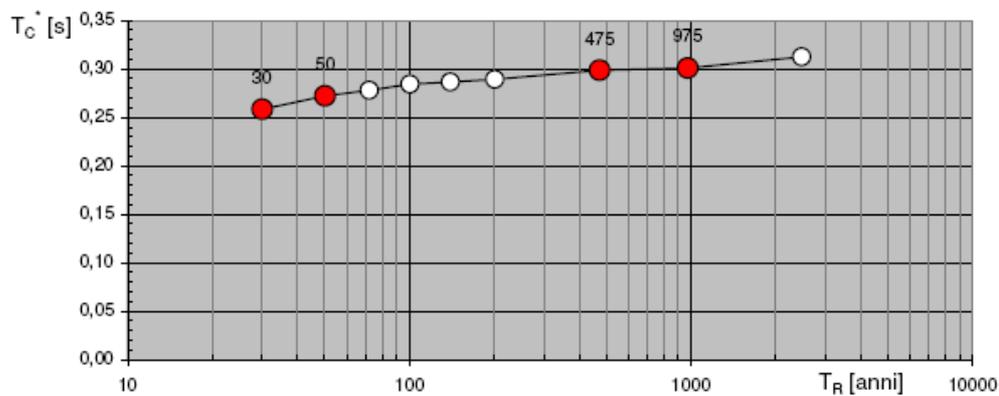
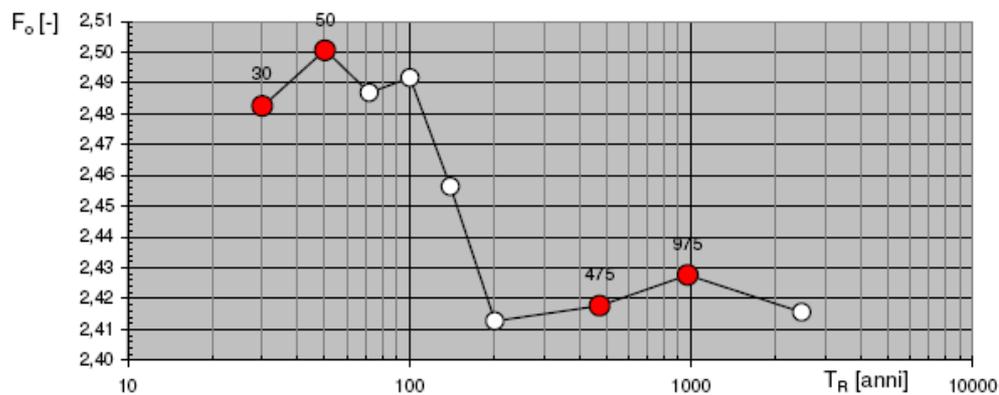
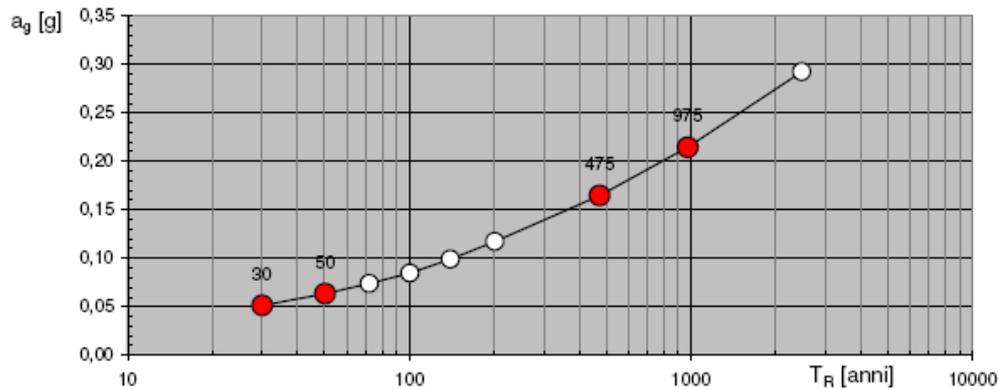
---■--- Strategia scelta

Strategia di progettazione

Grafici parametri delle Azioni

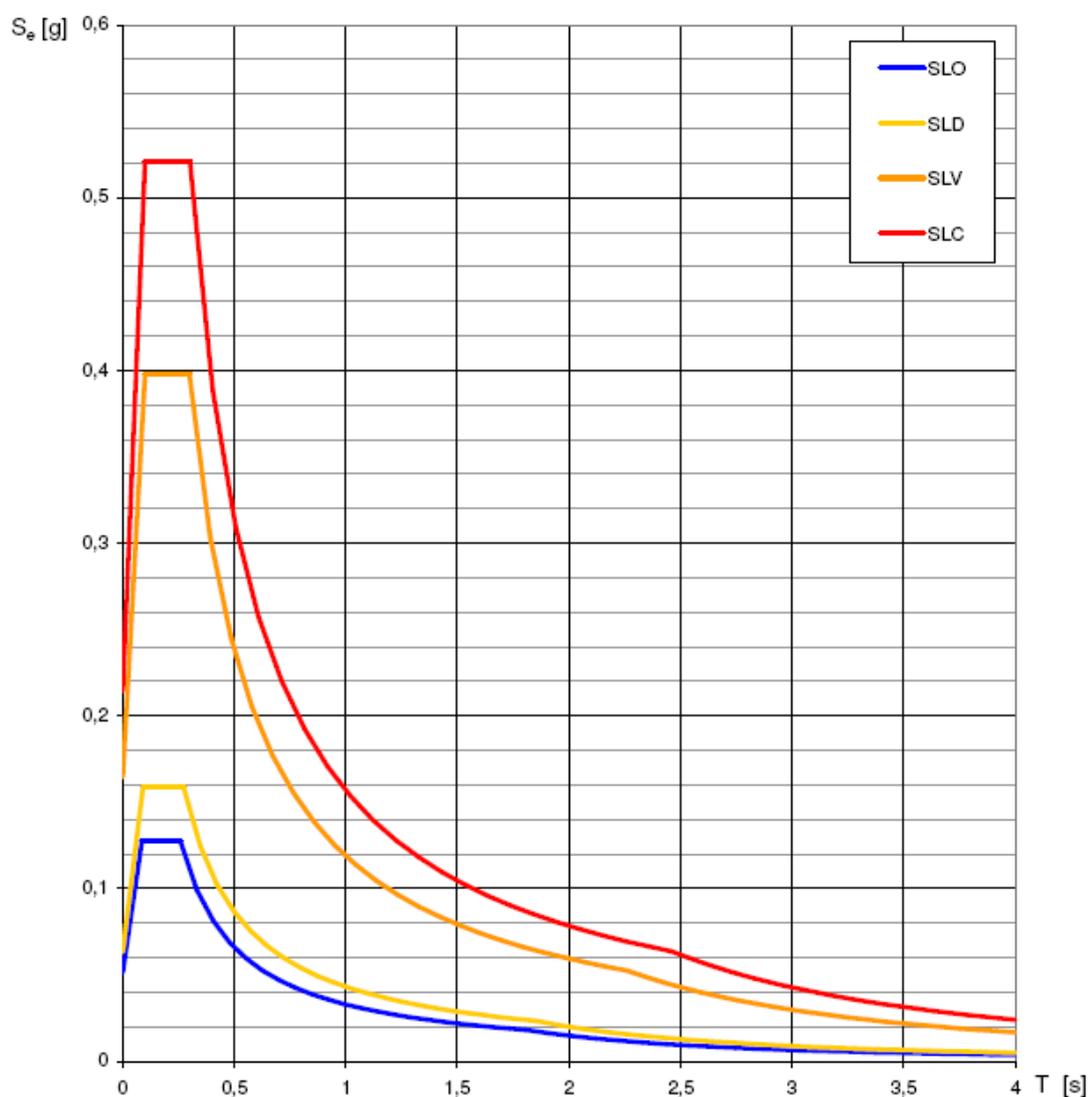
Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	30	0,051	2,482	0,258
SLD	50	0,064	2,501	0,272
SLV	475	0,165	2,418	0,299
SLC	975	0,215	2,428	0,301

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.